الصيـــانـــة الكهربائيـــة

تأليف

ا.د. محمد محمد حامد
استشارى الهيئة العامة للأبنية التعليمية
استاذ هندسة القوى الكهربية بجامعة قناة السويس
عضو اكاديمية العلوم بنيويورك



المحتـــويـــــات

مقـــدمـــــة

تعتمد الهيئة العامة للابنية التعليمية على الاسلوب العلمى للتنمية الادارية لرفع كفاءة العاملين كل فى تخصصه من اجل الرقى بالاداء وزيادة معدلات الانتاج وصولا الى افضل المستويات مما جعل الهيئة تهتم بتقديم المادة العلمية للعاملين بها من خلال مكتبة ذاتية متخصصة يتوفر بها المراجع والكتب والمجلدات والموسوعات العلمية والفنية.

يعالج الكتاب موضوعا حيويا فى الابنية التعليمية خصوصا وان الدوائر الكهربية وشبكات الكهرباء فيها ذات اهمية قصوى لما تحتاجه هذه الشبكات من رعاية وحماية من المخاطر لوقاية العاملين داخل الابنية والحفاظ على الاجهزة الكهربية واطالة عمرها من خلال اعمال الصيانة الكهربية وقد بدأت الهيئة العامة للابنية التعليمية فى الاتجاه الى انشاء المجمعات التعليمية المتكاملة مثل ماتم موخرا فى محافظتى الاسكندرية والاسماعيلية وهو الامر الذى يزيد من قدرة الشبكة الكهربية الخاصة بالموقع ويدخل فى نطاقها المحولات الكهربية وبالرغم من انها محولات توزيع للطاقة واعمال الصيانة لها اقل من تلك المحولات الضخمة عالية الجهد الا اننا سوف نتتناول موضوع المحولات عموما خصوصا ان اعمال الصيانة تتشابة لتلك الصغيرة والكبيرة.

من اجل الشرح الاوضح يقدم الكتيب اسس صيانة المحولات مع الاعتماد على نموذج لصيانة فعلية تمت على محول قدرة ١٢٥ ميجافولت امبير جهد ٢٢٠/٦٦/١١ك . ف . كمثل حى عند شرح البيانات التفصيلية اللازمة لاستيعاب مسرح الاحداث ورفع مستوى فهم مهندس الكهرباء فى كل منطقة كما يجب التنوية عن التقدير الكامل لمجهود مطبعة الهيئة العامة للابنية التعليمية لأظهار الصور الفوتوغرافية النادرة والتى لولاها لما كان من الممكن وضع هذا الكتيب على هذا القدر الفنى لشرح التفاصيل الدقيقة فى اعمال صيانة المحولات.

كما يقدم هذا الكتيب اسس وقواعد صيانة القواطع الكهربية مع الاعتماد على الجانب النظرى لضرورتها واهميتها فى الشبكات الكهربية حتى يستوعب المهندس مدى الخطورة فى الاهمال اذا ما تعامل بعدم اعتناء مع هذه القواطع وقد شمل الكتاب على جميع الانواع وتطورها وكيفية الاداء واهم الاختبارات الضرورية وطرق القياس الواجبة ويخدم الكتاب جميع القطاعات الحكومية والخاصة المتشابهة ومعين جيد لمهندس الكهرباء عموما فى كافة الشركات والوزارات والمهندسين فى تخصص الكهرباء عموما الى جانب مساعدة الطلاب على فهم هذه الاجزاء من الشبكات الكهربية بعمق ويعرض خلاصة الفكر والمجهود والخبرة اعمالا بقول المصطفى صلى الله عليه وسلم :

من عمل منكم عملا فليتقنه

الفصل الاول

التخطيط الصيـــــانى

١-١: المواصفات الفنية للشبكات

١-٢: التجديد الصيانى

١-٣: اسس التخطيط الصيانى



التخطـيــط الصيــــانـــــى

MAINTENANCE PLANNING

تعتبر الصيانة دعامة جوهرية للحفاظ على ايه بناية فى كل التخصصات بكافة الانواع وبذلك تكون العملية الصيانية اساسا للعمل فى الشبكات الكهربية حفاظا عليها وللتأكيد على استمرارية تشغيلها بصفة منتظمة بامان كامل مع اقل تكلفة اقتصادية كما انه لابد وان تكون اعمال الصيانة شاملة على جميع المحاور المطلوب العمل بها ومن خلالها حيث يكون ضروريا تلبية طلبات التشغيل وتوفير الاحتياجات لتجديد مكوناتهاوواكبة التقدم العلمى فى الميدان الهندسى عالميا.

تحتلف الشبكات الكهربية عن غيرها من البناء الهندسى فى كونها وسط يحمل جهدا كهربيا باستمرار بدءا من الجهد الفائق ٥٠٠ك.ف. منهيا بجهد التوزيع ٢٢٠ف مما يدعو مسئولى التشغيل الى تنظيم اعمالهم طبقا للاوضاع والاشكال المنظمة للعمل فيها ولذلك نجد باب الدخول لوضع مفاهيم الصيانة الكهربية ينحصر فى تحديد المواصفات الفنية للشبكة ونخص هنا الابنية التعليمية كمثال يحتذى به فى كافة الاماكن الاخرى علي وجه العموم.

تتباين مستويات العمل الهندسى وهو ما يظهر مع مستوى الخبره لدى المهندس وهى متتالية ارتقاء فى الاتجاه الرأسى على النحو التالى:

١- مهندس التشغيل

٢- مهندس التركيبات

٣- مهندس الاختبارات

٤- مهندس الصيانة

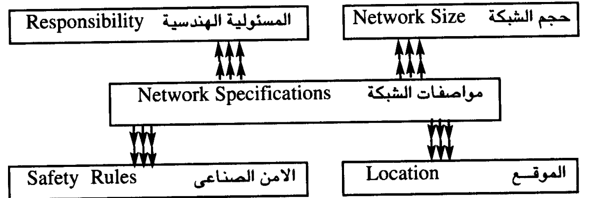
٥- مهندس التصميم

حيث يقف مهندس التصميم على قمة الخبرات ولكننا نتوجة الي عمل مهندس الصيانة فى شبكات التوزيع المحلية فى الابنية الحكومية خصوصا ولكل الشبكات عموما.

١-١: المواصفـــات الفنيـــة للشبكــــات

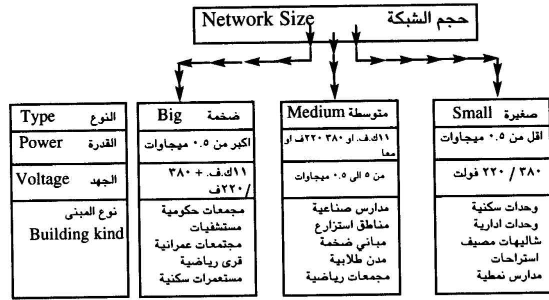
Technical Specifications of Networks

تتحدد الشبكات الكهربية فى الابنية الحكومية بعد نقاط تميزها دون غيرها وتعطى لها الصفة الهندسية لمعرفة مبادىء التعامل معها تشغيليا وصيانة للحفاظ على مكوناتها ويعرض الشكل رقم ١-١ المحاور الاساسية الاربعة لتحديد مواصفاتها.



الشكل رقم ١-١: المحاور الاساسية للمواصفات الفنية للشبكات الكهربية فى الابنية الحكومية

يظهر حجم الشبكة كأول المحاور والذى يمكن طرحه بشرح اوسع كما فى الشكل رقم ١-٢ حيث يندرج حجم الشبكة فى الابنية الحكومية فى ثلاث مستويات (الضخمة – المتوسطة – الصغيرة)

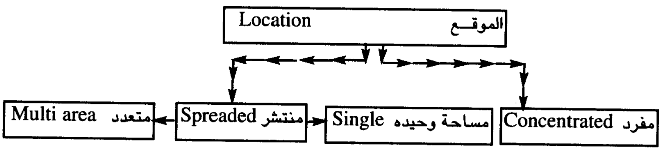


الشكل رقم ١-٢ : التصنيف الحجمى للشبكات فى الابنية الحكومية

جدير بالذكر ان التقسيم الوارد فى الشكل رقم ١-٢ يعبر عن رؤية ذاتية وانه لا يوجد تقسيم قياسى فى هذا الشأن ولهذا قد تتداخل هذه الاقسام ويمكن التعامل مع اى منها ايضا دون الاخلال بالاسس التى يضعها هذا الكتيب ونود ايضاح ان الابنية التعليمية تندرج تحت لواء الابنية الحكومية وذلك لاضفاء الصفة العامة على الشرح وتعميم المفهوم الهندسى وتظهر اهمية تدرج الشبكة الكهربية تبعا للقدرة من منطلق حساسية العمل الصيانى فى الشبكات الكبيرة لتعدد الاحمال وتنوعها حفاظا على مبدأ استمرارية التغذية للمستهلك دون انقطاع فتظهر عدم الحساسية فى الشبكة الصغيرة.

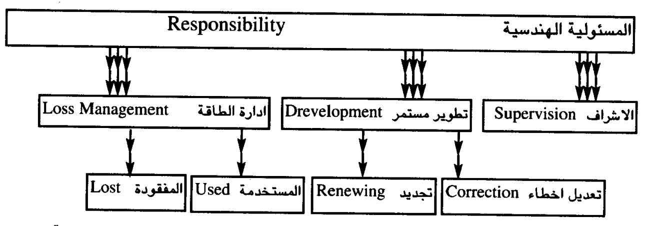
اما بالنسبة للمحور الثانى وهو الموقع فنطرحه فى الشكل رقم ١-٣ حيث انه يؤثر بشدة على اسلوب الصيانة المتبع كما سيظهر فيما بعد خصوصا وان الهيئة العامة للابنية التعليمية تتبع

التقسيم الاداري بالفروع المنتشرة عبر المحافظات ويؤكد هذا على اهمية التعامل مع الشبكات ذات الموقع المنتشر متعدد المساحات والتي قد تنتشر في ارجاء المحافظة بالكامل وقد يوجد البعيد والنائي بينما النقيض في المواقع المفردة حيث سهولة الصيانة.



الشكل رقم ١-٣ : انواع المواقع للشبكات في الابنية الحكومية

بالنسبة لمحور المسئولية الهندسية (الشكل رقم ١-٤) فيحتوي على اهم الاعمال الهندسية والمتزايدة باستمرار مع التقدم التكنولوجي ففي جعبة المهندس تكون ضرورة الحفاظ على التشغيل الاقتصادي للشبكة باستغلال كل ما يستجد من تقنيات لتوفير الطاقة التي يمكن الاستغناء عنها.



الشكل رقم ١-٤ : تسلسل المسئولية الهندسية لمواصفات الشبكات الكهربية

تأتي اهمية الاشراف الهندسي كنوع من المسئولية الادارية من منطلق تحديد الاحتياجات الضرورية لاجراء الصيانة وما يلزمه من التجهيزات Preparation شاملا البرامج اللازمة تمهيدا لاجراء الصيانة دون عراقيل او ابطاء وهو من اهم العوامل التي تعطي جودة صيانية وترفع كفاءة الاداء التشغيلي . من الناحية الاخرى يحتاج التجهيز الهندسي الى الاعداد المسبق ودراسة كل الاحتمالات التي تواجة الصيانة الفعلية ويعتمد ذلك على الخبرات المتوفرة بالموقع ، كما ان التجديد والتطوير المستمر يأتي مع المهندس الواعي ويظهر المتميز منهم في كيفية التعامل مع تعديل الاخطاء الموجودة سواء عن التنفيذ او التصميم او عن اخطاء صيانة سابقة او تلك النوعية من الاخطاء التي تواكب الاضافة Extension الى الشبكة القائمة خصوصا وان الشبكات الكهربية

تتعرض الى الاضافة بصفة مستمرة ويجب مراعاة عنصر الاضافية هذا عند التصميم وهو العنصر الذى ينحصر فى ثلاث محاور :

١- المحور الافقى الديناميكى Dynamic Horizontal Axis

٢- المحور الرأسى الديناميكى Dynamic Vertical Axis

٣- المحور الاستاتيكى Static Axis

المحور الافقى الديناميكى يعنى اتجاه الاضافة والتوسع للشبكة اى الانتشار افقيا فى المساحات الارضية المجاورة اذا وجدت وكان من الممكن اضافتها وهى بالتالى تحتاج الى شبكات لتغطية هذه المساحة الجديدة، ولكن المحور الرأسى الديناميكى فيشمل الارتفاع بالادوار بالابنية القائمة مما يستلزم اضافة احمال كهربية وزيادة الشبكة وهو الاسلوب الغالب لارتفاع سعر الارض عادة اما المحور الاستاتيكى فهو ما يواكب التقدم التكنولوجى والمبتكرات الاستخدامية والمقبلة بشراهةنحو الاستخدام الكهربى ويتم ذلك دون اضافة ديناميكية لا رأسية ولا افقية بل تتم بزيادة الاستخدام لنفس الشبكة القائمة ويزيد الحمل عن المعتاد عند المخارج، وهذا من اخطر الانواع الثلاث على الاطلاق خصوصا عندما تتم بعيدا عن العين الهندسية او دون التصريح بها هندسيا. فمثلا اذا ما استخدم عاملا او غيره فى مدرسة بريزة ٥ أمبير ٢٢٠ف فى فصل مدرسى لتحميله بسخان كهربى ٢ك.و. والمنتج ١٠ أمبير تقريبا فيتضاعف التيار عن المقنن فيؤثر على :

١- السلك المعدنى فى الدائرة وقد يصل به الى حد الانصهار خصوصا اذا كانت هناك نقاط ثنى شديد.

٢- يرفع حرارة العزل الكهربى حول السلك والمخرج فيؤثر على كفاءته ويؤدى الى تدميره الجزئى زمنيا ومن ثم كليا.

تأخذ ادارة الطاقة اهتمام المتخصصين فى الاونه الاخيرة وظهرت لها العديد من التطبيقات لتخفيف العبء على الشبكات وتهتم مصر مثل الدول المتقدمة بهذا المجال وتركز الخطة القومية الاخيرة الصادة عن اكاديمية البحث العلمى على هذا الموضوع وبهذا يجب ان يتجه المهندس الى دراسة الاحمال وتحليلها كوسيلة لتحديد مواطن الامور التى ترفع من قدرة توفير الطاقة وتظهر مكانة مهندس الكهرباء فى كيفية ادارة الطاقة ومراجعتها كما ونوعا ويمس موضوع ترشيد استهلاك الطاقة الاحمال الكهربية للاضاءة وخصوصا على المستوى الضخم فى الابنية الشاهقة والمساحات الواسعة بالاضافة الى تحسين معامل القدرة لتقليل القدرة الظاهرية الضائعة هباءاً فى الشبكة مما يؤثر على تكلفة انتاج الطاقة.

ننتقل الى آخر المحاور المحددة للمواصفات الفنية لشبكات التوزيع الكهربية داخل الابنية التعليمية وهو الامن الصناعى (انظر الشكل رقم ١-٥) حيث تنحصر تعليمات الامن الصناعى

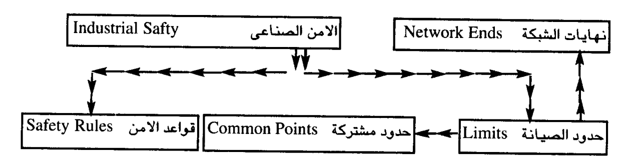
فى التعامل مع الشبكات الكهربية من وجهة نظر الصيانة ، ومن الملاحظ اهمال بعض المتخصصين بموضوع الامن الصناعى ونرجع ذلك الى :

١- الثقة الزائدة فى الذات وفى الخبرة الشخصية.

٢- النظرة اللاأكثراثية للجهد ٢٢٠ ف.

٣- الجهل بقواعد الامن الصناعى او عدم الالمام بها.

لذلك يلزم الاهتمام بتدريب المهندسين والفنيين على اسس وقواعد الامن الصناعى فى التعامل مع الشبكات الكهربية سواء للجهد العالى او المنخفض لرفع كفاءة الفهم والاستيعاب حماية لهم ووقاية للاجهزة والمعدات من الاخطار . تنتمى الشبكات فى الابنية الى التقسيم الادارى ولذلك تتحدد الحدود الفاصلة بين الشبكات تبعا لها بصورة واضحة لاتقبل الجدال تحديدا للمسئولية ومع ذلك قد نصل الى نقاط مشتركة فيلزم التنسيق عندها والتعاون معا وعلى كل من يتعامل مع هذه الشبكات الالمام بقواعد الامن الصناعى.



الشكل رقم ١-٥ : الامن الصناعى اساسا لتوصيف اعمال الصيانة فى شبكات التوزيع

١-٢: التجديد الصيانى Maintenance Renewing

يعيش العالم الآن مع الابتكارات العديدة والتى بدأت تتزايد مع نهاية القرن ومن المتوقع ارتفاع معدل الاختراعات فى القرن الحالى بشكل سوف يجعل الناس عاجزين عن الملاحقة والاستيعاب فقد لاح عالم الفضائيات وتغيرت الموازين والاسس التى تؤسس العالم الهندسى ، والشبكة الكهربية عبارة عن جزء صغير داخل هذه المنظومة سريعة التطور بكل اجزائها واصبح واجبا على مهندس التصميم والصيانة متابعة هذه الابتكارات خصوصا مع الاجهزة المتقادمة والبالية والتى اصبحت دون المستوى الهندسى احيانا اضافة الى انقراض قطع الغيار ولذلك نعتمد على العناصر التالية فى التجديد الصيانى:

١- حداثة الصنع

٢- حداثة الابتكار

٣- كفاءة التشغيل عالية

٤- حساسية شديدة

٥- توافر قطع الغيار
٦- توافر ركن الامن التشغيلى

كما انه لا يجوز الاتجاه الى التجديد المطلق فى اسلوب الاحلال بل يلزم وضع الحدود الجوهرية لضروريات الاحلال ونوجزها فى:

١- تهالك الجزء القديم.
٢- عدم صلاحية الجزء القديم.
٣- تكلفة التجديد.
٤- تقادم الخواص المميزة للجزء القديم.

كما نتعرض لمبدأ الاحلال عند الحاجة لاجراء تعديل للأخطاء الهندسية بانواعها الثلاث:

١- اخطاء فنية Technical Mistakes
٢- اخطاء استخدامية Use Mistakes
٣- اخطاء تشغيلية Operation Mistakes

وهذه الاخطاء تختلف عن التطوير فالشبكة تحتاج الى الاضافة المستمرة والتى قد تتسبب في اضافة نوع ما من الخطأ او تجاهل شىء يسبب خطأ ما وعادة ما يكون من خلال التحميل او اجهزة الوقاية وضبطها او فى مقننات القواطع والمصهرات ويجعل الشبكة ذات خطأ فنى او استخدامى واحيانا تشغيلى ، اما عن الاخطاء الفنية فهى التى تظهر مع التصميم او بعد التنفيذ الفعلى وقبل التشغيل وقد لا يظهر اثناء التشغيل ولا يحسه احد ولكنه موجود وبالصدفة وحدها يظهر العيب ويكون التدمير، فمهندس الصيانة هو المسئول عن المتابعة لتلافى هذه العيوب ان وجدت.

بالنسبة للاخطاء الاستخدامية فهى تلك الاخطاء التى تنتج عن الاهمال الاستخدامى مثل ماذكر فى مثال السخان الكهربى وينتج عنه الاتلاف ويمنع مهندس الصيانة ذلك بطريقتين:

١- منع الاستخدام الخطأ ٢- تعديل الجزء المقصود ليلائم الاستخدام.

اما الاخطاء التشغيلية فهى واردة وعديدة فمنها استخدام قاطع كهربى لفصل حمل اكبر من المقنن تكراريا مما يودى بصلاحيته او ايضا بتحميل الكابل باعلى من قدرته فيطيح به او استخدام جهد اعلى فينهار العزل او تجاهل التأريض ومقاومتها فيحدث من المشاكل ما نحن فى غنى عنها وتظهر اهمية الاحلال لرفع مستوى الاداء التشغيلى بالمراجعة الصيانية الدائمة.

١-٣: اسس التخطيط الصيانى Bases Of Maintenance planning

تعريف كلمة صيانة يشمل كافة الانشطة بدءا من التجهيز والاصلاح واعادة التأهيل للمعده المطلوب اجراء الصيانة لها مع استخدام تقنيات التشخيص الالكترونى والمواكبة للتقدم العلمى وما يتبعها ولذلك تعنى الصيانة الاهتمام بالشبكة ومكوناتها والعمل على استمرارية عملها

بصفة دائمة دون أعطال بقدر الامكان، اما التخطيط الصيانى كأحد اعمدة العمل الهندسى السليم يرتكن الى البنود التالية:

١- المتابعة المستمرة لأداء الشبكة
٢- المراجعة الدائمة على كل مكونات الشبكة
٣- تنظيم اعمال الترميم والصيانة قبل الحاجة اليها بصفة دورية زمانيا
٤- ترتيب اعمال الصيانة نوعيا
٥- منع حدوث الاعطال وحماية المعدات
٦- الاحلال تبعا لاحدث تقنيات
٧- رفع معدل الانتاج لاستغلال الطاقة
٨- الحفاظ على الارواح والتأكد من ذلك

هكذا التخطيط الصيانى كعمل صيانى يهدف الوصول الى افضل حالات التشغيل والقضاء علي الخلل قبل ظهوره واكتشاف العيوب مسبقا واجراء الاعمال اللازمة للحفاظ على مستوى الاداء الشبكى بكل موقع كما انه يمثل المبدأ الاول فى العمل المنظم ومن ثم تكون الصيانة فى حاجة اليه والخضوع للوسائل التخطيطية عامة وخاصة ويصبح التخطيط الصيانى اسلوبا هندسيا راقيا يبدأ منه العمل الصيانى خصوصا اذا ما تعددت المواقع انتشارا ، ولذلك اجراء الصيانة تخطيطيا يخضع للعناصر الهامة الاتية:

١- الزمن
٢- الاجزاء المتهالكة
٣- الاجزاء المتقادمة
٤- الاجزاء غير مواكبة التقدم التكنولوجى.

عنصر الزمن يحدد الفترة الزمنية لكل خطة لانواع الصيانة والأختبار فمنه يكون التوقيت لاجراء الصيانة وبالطبع لا يجوز اجراء الصيانة فى المدارس وقت الدراسة او الامتحانات بينما تتم عمليات الترتيب لذلك عند اللزوم وفى الحالات الملحة ، وفى الحقيقة يفضل اتمام اعمال الصيانة اثناء الاجازات المدرسية ويكون دوريا ويجب ادخال الورش والمعامل وغيرها فى هذه الدورة الصيانية لضمان استمرار عملها بنجاح ولاطالة عمرها التشغيلى وللتأكد من سلامة الشبكة بينما العنصر الثانى يمثل الاجزاء المتهالكة حيث يلتزم المهندس المسئول عن وضع الخطة المناسبة لتنفيذها بصفة عاجلة لاحلال الاجزاء الجديدة مكانها ولكن الأجزاء المتقادمة قد تستطيع الصمود لمدة اطول حتى يتم تغييرها تبعا لخطة تالية للسابقة اما العنصر الأخير (التقدم التكنولوجى) فتحتاجه اعمال الصيانة لرفع معدل الانتاجية الاستهلاكية للطاقة لزيادة المزايا فى خواص الجديد والمبتكر، هذه الاعمال التطويرية تتبع المنهج العلمى بمحاوره:

اولا: المحور الاقتصادى Economic Axis

تظهر الجدوى الاقتصادية اساسا لعملية الاحلال والتجديد والابدال من حيث انه لايجوز اهمال الاجزاء القادرة على العمل بكفاءة عالية بالرغم من قدمها ولكننا نحتاج الى ذلك بهبوط مستوى الاداء وتصبح تكلفة تواجدها بالشبكة اقتصاديا عالية ويجعلها عبءا على العملية التشغيلية او الصيانية او كليهما مما يوجب على المهندس المسئول الاتجاه الى التغيير وتضمين ذلك فى خطة الصيانة.

انطلاقا من هنا نجد ان التكلفة الاقتصادية لعملية التغيير لابد وان تشمل كافة العناصر الاقتصادية والزمنية معا وهى تكلفة اهلاك القديم وعملية رفع الاجزاء القديمة ثم عملية تركيب الاجزاء الجديدة واختبارها كما ان الامر لا يتوقف عند هذا الحد بل يلزم اضافة الزيادة او النقص فى تكلفة التشغيل للجديد مقارنة مع القديم . من الضرورى الاهتمام بعنصر استهلاك الطاقة لانه محورا اساسيا فى الشبكات الكهربية حيث انه قد يكون قليلا او نادرا فى بعض الاحيان ويجعلنا فى غنى عن اللجوء الى اسلوب الابدال والتجديد بينما اذا ما كانت الطاقة الاستهلاكية عالية فننتقل الى الضفة الاخرى اقتصاديا مباشرة.

ثانيا : محور التقنيات Technical Axis

يأتى العلم كل يوم بما هو حديث على جميع المحاور الهندسية وفى مجال الشبكات الكهربية يزداد هذا التأثير فنرى ان العالم باسره يتجة مباشرة الى كهربة كل شىء فى حياه الانسان واحتياجاته من مشرب وملبس وترفية ورياضة وغير ذلك من المجالات لدرجة ان اقل الاجزاء تعاملا قابلا لان يعمل بالطاقة الكهربية ومن ثم فقد أثر العلم بصورة مرعبة علي الشبكات الكهربية وهو الامر الذى ادى الي ارتفاع معدل استهلاك الطاقة الكهربية بوجة عام لكل الاجناس وعلى كل شبر فى ارجاء المعمورة.

هكذا نجد مردود التطور السريع علي الاعمال الصيانية في الشبكات الكهربية وهو مايلزم تضمينه فى التخطيط الصيانى طويل او قصير الاجل خصوصا وان التطور لا يتحرك افقيا فقط بل فى اتجاه استهلاك الطاقة ايضا ، خصوصا وأن هذه الابتكارات تمس الاستخدام اليومى الضرورى للانسان فقد ظهر مؤخرا نظم اليه للتحكم فى الاضاءة داخل الابنية على غرار الاضاءة المسرحية الا انها عالية الثمن ولكنها تصبح موفره اذا تضخمت الطاقة الاضائية وهناك العديد من الامثلة المشابهة في كل المجالات التطبيقية، ومنها ما يعتمد علي الغاء العيوب الفنية فى بعض الاجهزة والذى يعتبر خطوه هامة فى اتجاه العصر القادم فيضيف عبئا على الصيانة التخطيطية مثل دوائر الغاء الشوشرة او القضاء على التوافقيات لخدمة الانسان.

ثالثا : البرامج الزمنية Time Programs

بعد العرض السابق للتخطيط الصيانى نصل الى آخر مراحله حيث يتم التعبير عن ذلك فى صورة برنامج زمنى او خطة زمنية تبعا للاولويات ، يظهر مثالا لذلك فى الجدول رقم ١-١ لخطة صيانية فى فرع من الابنية التعليمية متعدد المدارس.

جدول رقم ١-١ : برنامج زمنى لخطة الصيانة السنوية

المرتفع	يناير	٢	٣	٤	٥	يونيه	يوليو	٨	٩	١٠
مدرســة	*									
مدرســة		*								
مدرســة		*								
مدرســة			*							
مدرســة				*						
مدرســة					*					
مدرســة						*				
مدرســة							*			
مدرســة							*			
مدرســة							*			
مدرســة							*			
مدرســة								*		
مدرســة								*		
مدرســة									*	

ويمكن ترشيد اعمال الصيانة بالتركيز على عناصر التوقعات التشخيصية مع المتابعة المستمرة وتسجيل القراءات الدورية للملاحظة اولا بأول ودراستها وتحليلها لوضع الاولويات فى برامج الصيانة .



الفصل الثانى

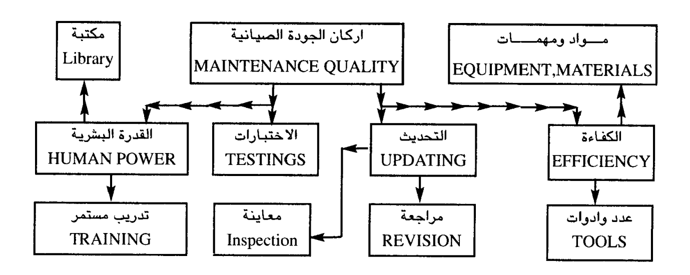
الجودة الصيـــــانية

الجودة الصيـــــــانـــــــية

MAINTENANCE QUALITY

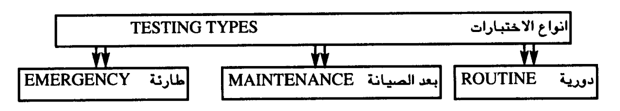
من المعروف ان الصيانة لاى معدة تطيل من عمرها الحقيقى وترفع من قدرتها على التحمل ولذلك تعتمد الادارة الناجحة على اجراء الصيانة تبعا للتخطيط المسبق كما سبق ايضاحه فى الفصل الاول وتعتبر الشبكات الكهربية واحدة من اهم المواقع الحيوية التى تحتاج الى التركيز على اعمال الصيانة ومتابعة النتائج ودراسة وتحليل الاعطال للحفاظ عليها من التلف او التوقف عن العمل جزئيا او كليا.

اجراء الصيانة فى شبكات التوزيع عموما يمثل افضل الاعمال الهندسية داخل الاطار الفنى لادائها التشغيلى ومع ذلك لا يمكن اعتباره المحور الرئيسى لان الاجراء الفنى قد يكون بمستوى محدود او غير مرتفع فنتجة الى مانطلق عليه أسم « الجودة الصيانية » اى اجراء الصيانة على اعلى المستويات والتأكد منها بطريقة علمية وهندسية، وبناء على ذلك فانها ترتكز على الاركان الموضحة فى الشكل رقم ٢-١ ويحدد الشكل الصندوقى الاركان الاربعة المطلوب القاء الضوء عليها لرفع الجودة الصيانية فيما يلى .



الشكل رقم ٢-١ : الاركان الرئيسية للجودة الصيانية فى شبكات التوزيع

تمثل الاختبارات الرد العلمى الصحيح على كل الاعمال الفنية والتى لاتعرف المجاملة لانها تعطى الرد بالارقام وعلى المهندس المختص الرجوع الى المواصفات والكود المصرى وكذلك الى الاختبارات الموقعية السابقة بالاضافة نتائج اختبارات المصنع للتأكد من سلامة المعده التى اختبرت وتم اجراء الصيانة عليها وتنقسم هذه الاختبارات تبعا لوقت الاجراء كما يظهر من الشكل رقم ٢-٢.



الشكل رقم ٢-٢: انواع الاختبارات الكهربية فى الشبكات الكهربية

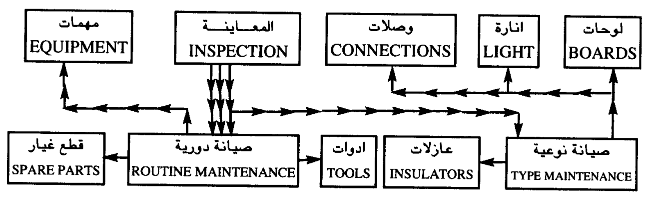
يبين الشكل ضرورة اجراء الاختبار بعد الصيانة للتأكد من سلامة المعده كما ان الاختبارات الدورية تتم تبعا لتعليمات المصنع اما الطارئة فهى ما نحتاجها بصورة مفاجئة نتيجة ظاهرة غير عادية اثناء التشغيل او بعد حادثة ما او الفصل التلقائى كهربيا او المتكرر منها خصوصا مع الكابلات ، على الجانب الاخر فهى لازمة لضبط اجهزة الوقاية نتيجة تغيره مع الاتساع الديناميكى فى الشبكة والتى قد تلزمنا باعادة حساب قيمة القصر او الفصل فى مكان ما فمثلا للتيار مثل زيادة التيار او زيادة الحمل او درجة التسرب الى الارض وغيرها.

الاختبارات الدورية غير مدمرة بالطبع وضرورية للتعرف علي معدل التغير فى الخواص لجزء ما ويجب اتباع اسلوب الترشيد فى هذا الاختبار ولا يجوز تقصير الفترة البينية له الا فى الحالات الطارئة لانها بلا شك ذات تأثير ضار بالتكرار ولكنها هامة لمنع الانهيار الكهربى قبل حدوثه او لتفادى عطل تشغيلى متوقع وذلك باجراء الصيانة اللازمة قبل العطل.

٢-١: تحديث الشبكة NETWORK UPDATING

رجوعا الى الشكل رقم ٢-١ نجد ان تحديث الشبكة يعتمد على محورى المراجعة والمعاينة اما المراجعة فهى الفنية الادارية على تنفيذ البرامج الصيانية ونتائجها وتحليلها عما اذا كانت سلبية زمنيا ام لا وهى تعنى المتابعة اولا باول وليس التفتيش الهندسى لتلافى العيوب والاخطاء والعمل علي تعديلها ان وجدت تبعا لما سبق بيانه فى الفصل السابق لرفع كفاءة الاداء الشبكى لتلبية الاحتياجات الفعلية للطاقة الكهربية فى حينها . اما المعاينة فهى ماقد تم من اعمال فى صورة جدول زمنى لتحديد اسلوب التشغيل السليم وللوقوف على معدل تطور مستوى الاداء فى الشبكة وهو مايمكن تفصيله في الشكل رقم ٢-٣ حيث محورى المعاينة وهما الصيانة النوعية والدورية اساسا للتحرك الصيانى من الناحية الهندسية.

هكذا نرى ان الصيانة الدورية والنوعية محورين للعمل الهندسى كنوع من رفع كفاءة الاداء والحصول على افضل المخرجات من خلال الجودة الصيانية المتمثلة فى المعاينة المباشرة والمستمرة طبقا لبرنامج زمنى مع الاختبارات الدورية الضرورية، كما ان التقسيم اكد على ضرورة الاعتماد على التصنيف النوعى للصيانة فقد تحدد فى الرسم اربعة من الامثلة ولكنها تشمل الكثير مثل الكابلات ومجارى الكابلات او الخراطيم والقواطع او المصهرات الى غير ذلك.



الشكل رقم ٢-٣: تصنيف اركان المعاينة الصيانية فى الشبكات الكهربية

بالتصنيف النوعى تزيد الخبرة التكرارية للعيوب والاخطاء مما يعيننا فى التحليل عند الدراسة ويمكننا من التوصل الى اتخاذ القرار المناسب بسرعة حيث يكون التعميم مضيئا امام المتخصص ويمتد معنى الصيانة الدورية الى المراجعة على الادوات والعدد والمهمات وقطع الغيار باستمرار لتحديد الاحتياجات منها مسبقا لاداء الصيانات المطلوبة ، وتمثل ايضا العمل اليومى لمهندس الصيانة والذي يتحرك من خلال الخطة السنوية . كما تحتاج المتابعة الصيانية لوضع كافة الاعتبارات الخاصة بالتقدم التكنولوجى ودراسة عملية التحديث لاجزاء الشبكة اعتمادا على اسلوب التحديث لاجزاء الشبكة الدائم بالصيانة الروتينية وهى الاكثر ملائمة لهذا التجديد.

٢-٢: كفاءة المهمات EQUIPMENT EFFICIENCY

تعتمد الجودة الصيانية على كفاءة المهمات المستخدمة فيها (ادوات - اجهزة - ....) بهدف رفع كفاءة المهمات الصيانية (الشكل رقم ٢-٤) ، وفى مقدمة هذه المهمات تأتى محولات القياس.



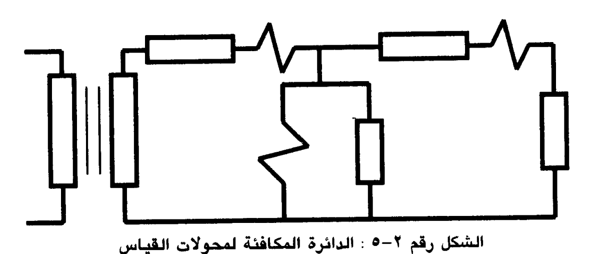
الشكل رقم ٢-٤: اهداف رفع كفاءة مهمات الصيانة الكهربية

عادة نحتاج الى قياس الكميات الكهربائية Electric quantities فى الدائرة الأساسية circuit Primary وهى كميات كبيرة مثل التيار current الذى يصل الى عدد من الكيلو أمبير والجهد voltage الذى يبلغ عشرات بل ومئات الكيلو فولت فالتيار الكبير يسبب فقدا حراريا heat loss ضخما فإذا كانت مقاومة الأميتر ١ أوم لبلغت القدرة الحرارية ميجا وات (1 MW) وهى قدرة كافية لصهر الحديد خصوصا وأننا نحتاج للقياس بصورة دائمة بدون غفلة من الزمن كما أن الجهد العالى HV يسبب الدمار لأى عزل أو يصعق الأفراد فى حيز المجال النشط effective field له ولهذا كان علينا أن نلجأ الى تمثيل الكميات الحقيقية real فى الشبكة بكميات أصغر تلائم

القياس وبدون فقد أو أضرار ومن هنا تأتى أهمية محولات القياس وهى محولات الجهد VT ومحولات التيار CT ولذلك سوف نستعرض فى شكل مختصر كلا من المحولين فيما يلى :

اولا: محول الجهد Voltage Transformer

هكذا نحتاج الى تمثيل الكميات الكهربائية بذات الصفات وبالدقة المطلوبة حتى نستطيع إجراء عمليات الوقاية بشكل صحيح وبدون خطأ ولكن هذه المحولات تخضع لظاهرة اللاخطية فى مناطق محددة من الخواص مما يضيع علينا نقل الكميات وتحويلها بالدقة المطلوبة سواء أثناء



الشكل رقم ٢-٥ : الدائرة المكافئة لمحولات القياس

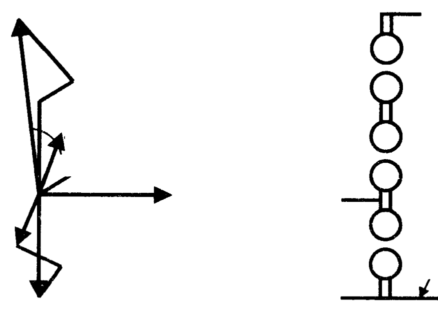
التشغيل العادى أو فى الحالات الانتقالية (الفجائية) وتتمثل فى وقت الفصل للمتمم مما يجعلنا نؤجل عملية أمر الفصل الى ما بعد ذلك كى تستقر القيمة تحت القياس ويتسبب القلب المغناطيسى عموما فى جميع أنواع المحولات بهذه الظاهرة وبالرغم من ذلك ففى بعض الحالات يلزم الفصل الفورى دون انتظار وأثناء الفترات الفجائية .

يعطى الشكل رقم ٢-٥ الدائرة المكافئة equivalent circuit عموما لمحولات القياس بنوعيها حيث يعتبر محول الجهد كمحول قدرة بالقدرات الصغيرة جدا ويختلف فى التصميم للحالتين بينما محول التيار يمثل الأميتر ammeter فى الدائرة وهذه الدائرة المكافئة تعبر عن الناحية الثانوية secondary للملفات بينما الجهة الأولية primary تعطى بالنسبة ١:١ ويعرض الشكل رقم ٢-٦ الرسم المتجة vector diagram لمحولات الجهد ، ويظهر خطأ فى دقة القياس ، سواء بغرض القياس أو الوقاية ، بجهتين الأولى هى القيمة بينما الثانية هى الزحزحة فى الزاوية .

قيمة الخطأ error الحادث فيه يأخذ الشكل الرياضى :

$$error = 100 \; (Ks \quad Vs - Vp \;) \quad / \; Vp \quad \% \qquad (2-1)$$

وتظهر هنا أن قيمة الخطأ فى حساب الجهد الثانوى يعتمد على قيمة الجهد الذى يقاس فعلا بينما النسبة بين الجهدين المقننين nominal أو عدد اللفات لكل من الملفين الابتدائى والثانوى فهذه النسبة المئوية تكون موجبة اذا كانت القيمة تحت القياس أكبر من المقنن وهى تحتاج الى أضافة



الشكل رقم ٢-٧ : تركيب محول الجهد سعة

الشكل رقم ٢-٦ : متجهات VT

ملفات للتعويض فتزيدها لتغطية العجز فى قيمتها وتصبح موجبة لقيمة القدرة المقننة الصغيرة لدائرة الفصل بينما تتغير الى سالبة مع القدرة الكبيرة أما بالنسبة للزحزحة فى الزاوية a بين الجهد الابتدائى ومعكوس الجهد الثانوى فتعطى قيمة موجبة عندما يكون الجهد الابتدائى هو المتأخر وعند الجهود الفائقة نحتاج الى تقليل الفقد وتصغير الخطأ فنلجأ الى استخدام السعة capacitance بدلا من الملفات كما نراها فى الشكل رقم ٢-٧ حيث نجد أطراف الثانوى على الثغرة الأولى gap وهو ما يقلل الخطأ بقدر كبير . ويظهر الخطأ فى قياس الجهد (كما مبين فى الجدول رقم ٢-١) حيث تعطى القيمة للحدود بين ٠.٨ - ١.٢ من الجهد المقنن وفى أطار المجال من ٠,٢٥ وحتى ١ من القدرة المقننة مع معامل القدرة بقيمة ٠,٨ ، علاوة على ذلك الخطأ فى أوقات الخطأ أو القصر fault وبنفس القدرات المقننة والجهد ابتدائى من ٠,٠٥ وحتى (Vf) حيث تنخفض القيمة بشدة ويبين الجدول رقم ٢-١ قيمة الخطأ المسموح به فى محولات الجهد.

الجدول رقم ٢-١ : حدود الخطأ فى محولات الجهد

مستوى الدقة	الخطأ فى نسبة الجهدين (+ أو -) (٪)	الزاوية a (+ أو -) دقيقة
٠.١	٠.١	٥
٠.٢	٠.٢	١٠
٠.٥	٠.٥	٢٠
١.٠	١	٤٠
٣.٠	٣	غير محددة

يأتى معامل الجهد voltage factor (Vf) أيضا ليمثل الحد الأدنى minimum للجهد العامل بوحدات الوحدة per unit نسبة الى قيمة الجهد المقنن للمحول full load وهو من المعاملات

الجدول رقم ٢-٢ : حدود الخطأ الإضافية لمحولات الجهد فى دوائر الوقاية

مستوى الدقــة	الخطأ فى نسبة الجهدين (+ أو -) (٪)	الزاوية a (+ أو -) دقيقة
3P	٣	١٢٠
6P	٦	٢٤٠

الهامة لتشغيل المتمم بطريقة سليمة ولتأكيد دقة القياس حتى فى أثناء لحظات القصر circuit during short ،كما تتم زحزحة نقطة التعادل neutral point مـع الأخطـاء والتوصيـل بـالأرض خصوصا فى النظم غير المؤرضـة unearthed أو تلك المؤرضة من خلال معوقة impedance أو مقاومة مما يرفع الجهد على الأوجة غير المصابة بالخطأ unfaulty phases ويسمح هذا المعامل للقياس السليم بفترة زمنية طبقا لما جاء فى الجدول رقم ٢-٣ . من الجهة الأخرى ولضمان دقة القياس من محول الجهد يجب أن تكون معوقة الملفات بقيمة صغيرة إضافة الى ضرورة تقصير أطراف الخروج leads من الملفات الثانوية تقليلا للفقد فى الجهد voltage drop وهو ما يشير الى أهمية تقصير مسارات أسلاك التوصيل فى دوائر محولات الجهد بشكل رئيسى .

نستطيع حماية ملفات محولات الجهد فى دائرة الابتدائى باستخدام مصهر HRC fuses وذلك للجهد حتى ٦٦ ك.ف. بينما يستعان بالمفاتيح الآلية miniature circuit breaker بدلا من ذلك فى الثانوى مع الجهد الأعلى بشرط أن يكون أقرب ما يمكن من ملفات الثانوى لأن القصر فى الثانوى يمرر تيارا أكثر عدة مرات من المقنن بينما فى الابتدائى يكون صغيرا فى ذات الوقت وغير ملموس القيمة وقد لا يحدث فارق ذو حساسية كافية فى حالة القصر .

الجدول رقم ٢-٣ : الحدود القصوى للفترة الزمنية لقياس الجهد بدقة

معامل الجهد	مقنن الزمن	طريقة توصيل الملف الابتدائى وحالة تأريض الشبكة
١،٢	مستمر	بين الخطوط – بين نقطة ستار والأرض
١،٢	مستمر	بين الخط والأرض – مؤرض فعال
١،٥	٣٠ ثانية	بين الخط والأرض – مؤرض فعال
١،٢	مستمر	بين الخط والأرض في نظام غير مؤرض مع فصل تلقائى لخطأ الأرض
١،٩	٣٠ ثانية	بين الخط والأرض فى نظام غير مؤرض مع فصل تلقائى لخطأ الأرض
١،٢	مستمر	بين الخط والأرض فى نظام معزول عن الأرض بدون فصل تلقائى لخطأ الأرض
١،٩	٨ ساعات	بين الخط والأرض فى نظام معزول عن الأرض بدون فصل تلقائى لخطأ الأرض

ثانيا: محول التيار Current Transformer

يقوم محول التيار CT بذات الخاصية السابقة لمحول الجهد VT ولكن يستبدل الجهد بالتيار كما أن الملفات الأبتدائية primary winding هنا تختلف عن تلك لمحولات الجهد حيث تكون هنا لفة واحدة فى المعتاد بينما تكون كثيرة وذات مقاومة عالية فى محول الجهد كى يمر تيار ضئيل

small current فى الملف الأبتدائى وهى تستخدم أكثر من ملف للجهة الثانوية فمنها ما نحتاجه للقياس measurement أو التسجيل recording ومنها ما يلزم دوائر الوقاية protective circuits وقد تكون أكثر من نوعية وقاية ويجب أن يخصص لكل منها ملف مستقل winding individual secondary ، وفى هذه الحالة يتم توصيل المتمم relay مباشرة داخل دائرة الملف الثانوى بحمله المقنن burden (الشكل رقم ٢-٨) وهذه الدائرة المكافئة تعمل طبقا لمتجهات التيارات والجهد الموضحة فى الشكل رقم ٢-٨ حيث يختفى من الرسم متجهات الجهد فى الملف الأبتدائى وهذا ما نستطيع إدراكه من قبل ، وتمثل الزاوية بين تيارى الأبتدائى والثانوى قيمة زاوية الخطأ ويمثل التيار قيمة التيار المغناطيسى فى الدائرة المكافئة كما موضح فى الشكل ٢-٥ .

الشكل رقم ٢-٨ : متجهات محولات CT

إضافة الى ما سبق يمكننا تحديد بعض الأسس للتعامل مع هذه الدوائر ونضعها فى نقاط محددة على النحو التالى :

١ - يتم تمثيل الدائرة المكافئة equivalent circuit بشكلها العام والموضح سابقا فى الشكل رقم ٢-٥ وذلك فى شكل الطور الواحد single phase .

٢ - معوقة الملف الأبتدائى primary impedance كبيرة بالنسبة لتلك فى الثانوى secondary وعادة ما تؤخذ كمقاومة resistance .

٣ - فرعى both branches تمثيل التأثير المغناطيسى magnetic effect يدخلان فى الاعتبار وبقيمة أقل عن تلك لمحولات الجهد VT .

٤ - لا تؤثر قيمة مقاومة الحمل burden بشكل واضح فى دائرة الملف الثانوى secondary circuit داخل نطاق تغير محدد وعادة ما يؤخذ مجالا لعمل الدائرة .

٥ - لا يجوز قطع interruption دائرة الملف الثانوى secondary circuit اثناء تواجد تيار .

٦ - يوجد خطأ error فى قيمة التيار الفعلى actual current وفى زاوية الازاحة dis-placement phase نتيجة تواجد التأثير المغناطيسى و الخواص غير الخطية المصاحبة للعلاقة بين الجهد والتيار V/I characteristic فى الملف الثانوى .

٧ - يمكن حساب قيمة الخطأ اذا عرفت قيمة مقاومة حمل المتمم burden impedance ومعوقات التأثير المغناطيسى magnetic impedance .

٨ - يجب الا يزيد مقنن الملف الثانوى عن مقنن burden .

يعتبر الخطأ فى قيمة التيار المحدد لتشغيل متمم ما من أهم المعاملات المؤثرة على درجة فعالية الأداء وأى خطأ فى هذه القيمة قد تنتج أخطار لا حدود لها ولهذا يجب التعامل مع هذا النوع من

الخطأ بدقة والبعد عن أماكن حدود الدقة ولهذا ينقسم الخطأ فى دائرة الملف الثانوى الى نوعين هما :

١- الخطا فى القيمة Value Error

يظهرهذا الخطأ نتيجة الفارق difference بين كلا من تيار الملف الأبتدائى والثانوى وهو ما يعنى التيار المغناطيسى magnetic current المار فى فرعى المعوقة المغناطيسية أو المعروف بأسم exciting current ويظهر فى الجدول رقم ٢-٤ هذه القيمة لبعض من مستويات الدقة accuracy classes والتى تخص محولات التيار CT المستخدمة فى مجال الوقاية Protection والقيمة محددة بالنسبة المئوية لكلا من الأتجاهين الموجب (+) والسالب (-) وذلك فى نطاق تغير قيمة البردن burden من ٢٥٪ وحتى ١٠٠٪ حيث يمثل مجالا واسعا للتغير غير أنه هناك أكثر من تلك المستويات فى المواصفات العالمية standard وبالرغم من ذلك فأن هذه القيمة وحدها لا تكفى لتعريف الخطأ حيث يوجد أنواعا أخرى كما يتضح من البنود القادمة .

$$\text{Ratio error} = \left(\frac{KIs - Ip}{Ip} \right) 100 \quad \% \qquad (2-2)$$

الجدول رقم ٢-٤ : حدود الخطأ فى قيمة التيار لبعض محولات التيار

مستوى الدقة	من ١٠ حتى قبل ٢٠	من ٢٠ حتى قبل ١٠٠	من ١٠٠ حتى قبل ١٢٠
٠,١	± ٠,٢٥	± ٠,٢	± ٠,١
٠,٢	± ٠,٥	± ٠,٣٥	± ٠,٢
٠,٥	± ١	± ٠,٧٥	± ٠,٥
١	± ٢	± ١,٥	± ١

٢- الخطا فى زاوية الأزاحة Phase displacement

يظهر هذا النوع نتيجة لتواجد التيار المغناطيسى فى الفرع الحثى inductive branch ويكون صغيرا مع القيمة العالية لحمل المتمم الحثية inductive burden حيث يمكن اعتبار التيار والجهد فى الملف الثانوى فى ذات الاتجاه in phase فى حالة معاملى القدرة الوحدة أو الصفرى (كحالة تقريبية تبعا للقيمة الممكن إهمالها) ويقدم الجدول رقم ٢-٥ تلك القيمة فى الخطأ بالنسبة لزاوية الأزاحة .

بعد تحديد اهداف رفع كفاءة مهمات الصيانة نعود مرة اخرى الى الوسائل الواجب اتباعها وصولا الى هذه الاهداف وهى:

١- حماية الاجهزة PROTECTION OF INSTRUMENTS

٢- اسس التخزين RULES OF STORING

الجدول رقم ٢-٥ : حدود الخطأ فى زاوية الإزاحة لبعض محولات التيار لنطاق ٢٥ - ١٠٠٪ من البردن

مستوى الدقة	من ١٠ حتى قبل ٢٠	من ٢٠ حتى قبل ١٠٠	من ١٠٠ حتى قبل ١٢٠
٠,١	± ١٠	± ٨	± ٥
٠,٢	± ٢٠	± ١٥	± ١٠
٠,٥	± ٦٠	± ٤٥	± ٣٠
١	± ١٢٠	± ٩٠	± ٦٠

٣- صيانة مهمات الصيانة MAINTENANCE OF MAINTENANCE EQUIPMENT

وهى التى تساهم بدرجة كبيرة فى التوصل الى اعلى مستوى جودة صيانى فحماية الاجهزة المستخدمة من الخطأ فى النقل او فى الاستخدام او التشغيل ومنها الدقيقة مثل اجهزة القياس مثلا (آفومتر - ميجر -مقياس شدة الضوء - ....) والثقيلةمثل الاوناش والجرارات وغيرهاالي غيرذلك والحماية من خطأ الاستخدام سواء بترشيد استخدامها بالعدد المطلوب ووقت الحاجة اليها فقط وفى العمل المناسب او من خلال اتباع تعليمات التشغيل الخاصة بهذه المهمات.

تعتبر اسس التخزين من اهم المحاور التى قد يهملها المهندس وتكون العاقبة وخيمة فكثير من المعدات يحتاج الى مواصفات جوية ومكانية محددة من خلال مواصفات التخزين القياسية للحفاظ عليها من التلف فتتعطل اعمال الصيانة ولذلك يجب التجهيز المسبق لها ، ولابد وان يخضع المخزن ذاته للمواصفات الفنية والشروط اللازمة للحفاظ على المخزون فيها ، ويكون اساسيا الالتزام برموز التخزين المصاحبة لكل جهاز وهى رموز قياسية دولية وتخص كل المجالات وليس ميدان الهندسة الكهربية فقط . اما عن صيانة مهمات الصيانة فيلزم اجراء الصيانة لها بصفة منتظمة من خلال برنامج زمنى محدد للتأكد من سلامتها قبل التخزين وبعده حتى تتم الاعمال الصيانية بدون عوائق او اخطاء وعلى مستوى الجودة المطلوبة.

٢-٣: القدرة البشرية HUMAN POWER

تعتمد القدرة البشرية على ثلاث نقاط هى:

١- الخبرة العملية PRACTICAL EXPERIENCE

عنصر الخبرة العملية يتبوأ المقدمة فى مجال القدرة البشرية فى مجال الصيانة وليس فقط موضوع الصيانة الكهربية بل فى كافة المجالات الهندسية ولا يتوقف عند هذا الحد بل يمتد الى المجالات غير الهندسية سواء كانت فنية أو أدارية أو نوعية وفى جميع الأحوال نحتاج الى الخبرة العملية للأهداف التالية :

أ - تلافى العيوب القياسية والتى عادة تحدث فى المعدات الكهربية المعنية فمثلا هناك

عيوبا معروفة بالنسبة للمحولات مثل انخفاض مستوى الزيت أو تغير خواصه أو بالنسبة للمفاتيح والقواطع الكهربية مثل ما يحدث للمياكنيزم الحركى الخاص بالفصل التلقائى أو تآكل أطراف التلامس (أقطاب القاطع) ،هذا كله على سبيل المثال وليس الحصر .

ب – تلافى العيوب المألوفة وهى التى تتنوع فى :

* عيوب التشغيل وهى تلك العيوب التى تحدث عادة من التشغيل سواء كان خاطىء أو الصحيح فمثلا يد التشغيل اليدوية لفصل وغلق القاطع قد تتأثر من التشغيل الخاطىء وإن كان هذا العيب قد يظهر أيضا فى بعض النوعيات رديئة أو متوسطة المستوى الفنى من ناحية التصنيع ويسرى هذا النوع من العيوب على جميع المعدات والمهمات والأدوات العاملة فى الشبكة الكهربية .

* عيوب الخبرة الصيانية وهى تلك العيوب التى عادة تحدث اثناء اجراء الصيانة فعلى سبيل المثال كسر مسمار عند الربط الزائد عليه أو تآكل رأس مسمار من جراء استخدام المفتاح أو المفك (حسب الأحوال) بطريقة خطأ وتحدث هذه العيوب بصفة تكرارية وقد يتسع نطاق الاجزاء المعيبة مع التصنيع غير الجيد تبعا لجودة الصناعة وهنا تظهر الخبرة العملية فى التعامل مع قواطع معينة أو مصهرات كهربية محددة أو مصابيح ذات ماركة معروفة خصوصا وانه من المحتمل تواجد الصنف المقلد مما يزيد من أهمية قيمة الأعتماد على الخبرة العملية فى أعمال الصيانة سواء من جهة التخطيط أو من أجل رفع مستوى الأداء من خلال أعمال الصيانة بالخبرة العالية .

جـ – العلاج المألوف للعيوب التكرارية وهو ما يوفر من الجهد والوقت ويجعل برامج الصيانة ذات فعالية عالية ويؤتى الثمار لكل عمل صيانى ويكون الكسب هنا فى أرتفاع كفاءة الأنتاجية بعد أستخدام هذه المعدات التى تم أجراء الصيانة لها .

د – وضع الأقتراحات والحلول من خلال الخبرة العملية للنقص فى قطع الغيار خصوصا وأن المهمات والمعدات الكهربية معمرة فأستهلاك قطع الغيار أو أختفاء هذه الأجزاء من الأسواق أمرا محتملا يحتاج الى التخطيط الجيد المسبق بجانب تلك الخبرات العملية التى تصنع كل الفكر والخبرة فى سبيل خدمة المعدات العاملة بالشبكة .

وهكذا تظهر أهمية هذه الخبرة العملية والتى تمثل أكبر من ٥٠٪ من أعمال الصيانة قبل أجرائها وهى نفسها التى سوف تساهم فى التخطيط الصيانى السليم ووضع البرامج الزمنية بالاسلوب الأمثل .

٢– التدريب المستمر CONTINUOUS TRAINING

على المحور الثانى يأتى موضوع التدريب وهو ينقسم الى :

أ – تدريب هندسى ويتمثل فى التدريب العملى والعلمى على المستوى العلمى العالى ويتناول أعمال التخطيط والتصميم وهو فى ذلك يشمل ثلاث أنواع هى :

اولا – تدريب علمى :

وهو ما يمثل دورات علمية هندسية متكاملة من خلال محاضرات نظرية لتغطية موضوع محدد بكامل افكاره وتطوراته الصناعية مع أحدث ما وصل اليه فى هذا المجال .

ثانيا – زيارات علمية :

وهو من أنواع التدريب غير المباشر حيث يتم نقل الخبرات العلمية والهندسية من متخصصين فى مواقع بعيدة تماما عن موقع العمل المعتاد وهو بذلك يؤدى الى رفع كفاءة المتدرب فى مجال الزيارة .

ثالثا – تدريب عملى :

وهو ما يعبر بالضرورة عن ممارسة الأعمال الهندسية تحت الأشراف للوقوف على مستوى الجهد المطلوب لاداء عمل محدد وهذا يعنى أن المهندس الناجح هو ذلك المهندس القادر على تحديد الزمن اللازم والمجهود المطلوب لاداء عمل ما ، ويزيد من هذه القيمة عندما يتعلق الأمر بأعمال الصيانة وهو ما سوف يؤدى بالتأكيد الى زيادة كفاءة الأداء ومعدلاته نهوضا بالخطة الصيانية كما انه يمكن الأعتماد بجانب ما سبق على زيارات للمصانع للاطلاع على خطوات التصنيع واماكن الضعف والقوة من خلال مراقبة الجودة ونتائج المراجعة لتحديد العيوب الجوهرية فى كل صنف على حدة .

رابعا – تدريب معملى :

وهو ما يتم داخل المعامل من اختبارات سواء كانت هذه المعامل فى المصنع وهو ما يمكن مشاهدته بالزيارات والرحلات العلمية فى اطار برنامج التدريب أو تلك المعامل فى الموقع والتى يجب فيها تدريب المهندس على أداء الأختبار بشخصه كجزء من التدريب وتحتاج هذه المهمة الى أستيعاب التكنولوجيا الحديثة وما وصلت اليه أحدث الأنواع من المعامل الأختبارية حيث دخلت الدوائر المطبوعة وكذلك الحاسبات الآلية ذلك المجال منذ عدة عقود . جدير بالذكر بأن أعمال الأختبارات عبارة عن جزء هام مكمل لأعمال الصيانة ولا يمكن الأستغناء عن هذه الأختبارات بأى شكل من الأشكال أو تحت أيه ظروف .

ب – تدريب فنى :

يتمثل هذا النوع من التدريب فى التدريب التنفيذى والعملى وله الأهمية القصوى بالرغم من انه لا يرقى الى المستوى العلمى فكريا بل يضعه على أعلى المستويات التقنية من جهة خصوصا مع التطور التكنولوجى لاجراء أعمال الصيانة ومن الممكن أن يتم التدريب هنا فى أتجاهين :

الاتجاة الاول : العمل اليدوى فى الورش المتاحة وتقييم الأداء التدريبى .

الاتجاة الثانى : مشاهدة التنفيذ العملى للأجزاء الداخلة فى المعدات من خلال زيارات ميدانية لمدةزمنية قد تصل الى أسبوع متصل كنوع من التدريب الميدانى وليس كالزيارات العلمية والسابق الحديث عنها فى التدريب الهندسى .

٣– المكتبة المتخصصة LIBRARY

حيث تدل هذه النقاط على احتياج المهندس بصفة مستمرة الى برامج متخصصة للتدريب العلمى والفنى اعمالا بمبدأ التدريب المستمر كأسلوب تعليمى ضرورى خصوصا مع التطور التكنولوجى الهائل عالميا بينما يحتاج الفنييون الى التدريب العملى والنظرى بصفة دائمة لرفع المستوى التقنى ، ويشمل التدريب المباشر وغير المباشر من خلال الندوات وورش العمل المتخصصة.

يلعب الكتاب المتخصص دورا فعالا فى رفع مستوى المهندس والفنى اضافة الى توفير المادة الهندسية المتخصصة فى متناول العاملين بسهولة وقت الحاجة اليها فى الموقع للحصول على المعلومة المطلوبة وتظهر القيادات المثلى المشرفة على الاعمال الهندسية فى توفير هذا البند من مراجع بل وانشاء المكتبات والتركيز على التدريب المستمر اما عن الخبرة العملية فانها تتوقف على مهارة الفرد ومدى القدرة على الاستيعاب والتحليل وروح الطموح الذاتية ومع ذلك فهناك الخبرات المكتسبة زمنيا رغم انف المهندس ليستفيد منها ويعود ذلك على عمله.

الفصل الثالث

الصيـــــانة الوقائيـــة

٣-١: البرامج التخطيطية

٣-٢: الاعـــداد

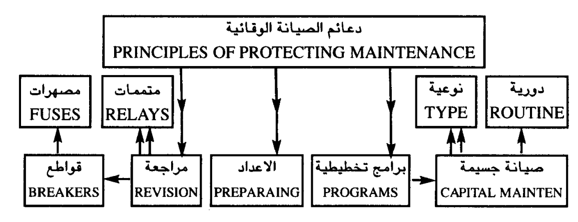
٣-٣: المراجعـــة



الصيـــانـــــة الـــوقائـــيـــة

PROTECTING MAINTENANCE

كما يفهم من العنوان ان الصيانة الوقائية ضرورية لوقاية مكونات الشبكة الكهربية بما فيها من المعدات الرئيسية او تلك المساعدة من اجل حماية الشبكة قبل حدوث العيب او انتظار ظهور الخطأ فنقوم باصلاحه وهذه النوعية من الصيانة لابد وان تكون منتظمة ومنظمة تبعا لاسلوب التخطيط الصيانى وهى على وجه العموم ترتكز على ثلاث دعائم (الشكل رقم ٣-١) سوف نتناولها فيما يلى.



الشكل رقم ٣-١: دعائم الصيانة الوقائية فى الشبكات الكهربية

٣-١: البرامج التخطيطية PLANNED PROGRAMS

تنظم البرامج التخطيطية الاعمال الصيانية فى شكل هندسى وهى تنقسم الى:

١- الصيانة الجسيمة CAPITAL MAINTENANCE

٢- الصيانة الدورية ROUTINE MAINTENANCE

٣- الصيانة النوعية TYPICAL MAINTENANCE

وهى تلبى احتياجات اعمال الصيانة على كافة المحاور فى الشبكات الكهربية على وجة العموم وفى الابنية التعليمية خصوصا ونفصلها مع التعميم لتغطية الانواع المختلفة من الاعمال المصاحبة لها علاوة على التعرض لكيفية اجراء الصيانة لبعض اجزاء الشبكة وتمثل الصيانة الجسيمة العمل الصيانى الشامل للمعده ويتم كل مدة زمنية طويلة (٢٠- ٣٠ سنه) على غرار اجراء عمره لمحرك السيارة ولتوربين مولد وهكذا وقد تقصر هذه المده مع التشغيل الخاطىء او الاستخدام السىء.

تتم اعمال الصيانة الجسيمة عادة على اربعة مراحل متتالية (الشكل رقم ٣-٢) وهى:

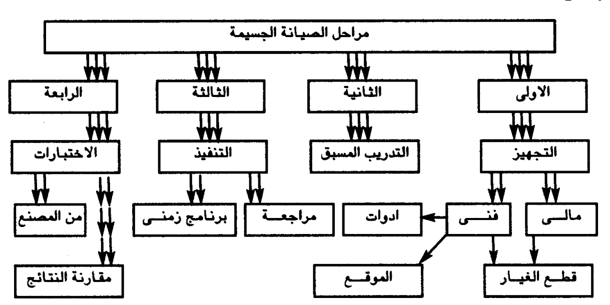
١- الاعداد والتجهيز .

٢- التدريب المسبق للعمالة الفنية.

٣- التنفيذ الصيانى للبرنامج المحدد.

٤- الاختبارات الكهربية للتأكد من سلامة المعده.

كما يوضح ايضا الرسم فى الشكل رقم ٣-٢ محتويات كل مرحلة مع التركيز على الهام امام المهندس .



الشكل رقم ٣-٢: مراحل الصيانة الجسيمة فى الشبكات الكهربية

عادة ماتستهلك اعمال الصيانة الجسيمة الواحدة فترة زمنية طويلة بجانب المجهود المضنى والحاجة الى الخبرة الفنية العالية ولذلك تقوم غالبية الشركات المتخصصة على المستوى العالمى والمحلى بانشاء فرق للصيانة المركزية لزيادة الخبرة ورفع كفاءة العمل وتوحيد قطع الغيار مما يسهل معه العمل الهندسى اداءا ومتابعة ، كما يوجد من الاعمال مالايستهلك الوقت فيما لو كانت المعده صغيرة خصوصا وان الصيانة الجسيمة تشمل من حيث المبدأ على :

١- التربيط على نقاط الربط بالقدر المطلوب باستخدام الديناموميتر.

٢- تغيير العزل التالف او المستهلك.

٣- تغيير الوصلات المعيبة.

٤- تغيير الملمسات ذات نعومة قليلة (مخالفة للمواصفات).

٥- غير ذلك من الاعمال.

من هنا نجد ان الصيانة الجسيمة لمحول كهربى ٢٢٠ك.ف بقدره ١٢٥ك.ف.ا. تستهلك ما يقرب من ثلاث شهور بينما تلزم ٣ساعات لصيانة مفتاح كهربى ٣٨٠ف. ٦٠ امبير مثلا ، لذلك تعتمد مده الصيانةعلى نوع المعده وحجمها ومدى التغييرات والتعديلات اللازمةداخلها وهناك وسيلة ابسط في هذا الصدد فى المعدات الصغيرةوتتمثل فى تغييرالمعدةباخرى جديدةحرصاعلي تغذية المستهلك باستمرار ودون انقطاع للتيارالكهربى وتتم اعمال الصيانة الجسيمة بعيداعن الموقع.

اما الصيانة الدورية فتتم طبقا لبرنامج زمنى سنويا او شهريا او موسميا وتشمل الاعمال التالية على سبيل المثال:

١– النظافة

٢– المراجعة السريعة على الوصلات

٣– التأكد من اماكن التثبيت

٤– ملاحظة ايه ظاهرة غريبة والتأكد من عدم وجود عيوب

٥– متابعة العازلات

٦– التأكد من توافر ادوات واجهزة الامن الصناعى

٧– اخذ العينات اللازمة لاختبارها دوريا

٨– اجراء الاختبارات الضرورية (دورية ـ طارئة) على المعدة.

٩– ايه اعمال اخرى

من هذا المنطلق نجد ان الصيانة الدورية هى العين الباصرة التى ترى ما يمكن ان نتوقعه مستقبلا ولذلك يجب ان تكون منتظمة مع التقارير عند اللزوم كما انها لاتحتاج الى المهارات الفنية العالية بالرغم من اهميتها الاستراتيجية لتلافى العيوب والاخطاء ، كما انها تستهلك القليل من الوقت ولكنه لا يجوز اجراء الصيانة فى موقعين تحت اشراف المسئول الواحد حيث ان لكل موقع يتحدد مسئول متفرغ لهذا الاشراف تماما . اضافة الي ذلك فهى تساعد على صقل الخبرة وتسهم فى رفع الكفاءة خصوصا انها تعتمد على الكتالوجات الفنية وبذلك تساعد فى تحديث المعلومات الهندسية للمهندس حيث يلتزم بالتحذيرات ويمتنع عنها وتحدد فى نفس الوقت الامكانيات الذاتية من المخزون السلعى بصفة دورية وبالتالى تعطى الفكرة عن معدل الاستهلاك لقطع الغيار المطلوبة.

اما بالنسبة للصيانة النوعية فنراها من افضل السبل لتحديد العيوب التشغيلية والاستخدامية فيمكن تحديد البرامج التخطيطية على شكل نوعى لكل المواقع مما يجعل الخطأ المتكرر واضحا ويرفع من مستوى الدراسة والتحليل وهى تشمل بعض الاجزاء منها التالية:

١– الوصلات CONNECTIONS

٢– تربيط التوصيلات TIE

٣– المصهرات FUSES

٤– العازلات INSULATORS

٥– الكابلات CABLES

٦– الاسلاك CONDUCTORS

٧– المحولات TRANSFORMERS

٨– الزيوت OILS

٩- لوحات التوزيع SWITCH BOARDS

١٠- اجهزة القياس MEASURING INSTRUMENTS

١١- مصابيح الاشارة INDICATING LAMPS

١٢- الاجهزة الانذارية ALARM SYSTEMS

كما انه يمكن ان تأخذ شكلا آخرا من التنويع حيث يتضح امكانية التوزيع على عده محاور وتوضع لها البرامج المناسبة لرفع مستوى الاداء الكهربى خصوصا فى الابنية الحكومية فمثلا يوجد التصنيف الاتى :

١- التأريض

٢- البرايز

٣- الحاسبات الطلابية

٤- الدوائر الصوتية

٥- الدوائر التليفزيونية المغلقة

٦- غير ذلك

٣-٢: الاعداد PREPARATION

عملية الاعداد تعنى التحضير والتجهيز لاجراء الصيانة الوقائية وتتم على ثلاث محاور متباعدة وهي متكاملة في نفس الوقت لتعظيم الناتج الفعلي للصيانة وهذة المحاور هى:

١- الموقع LOCATION

٢- الادوات TOOLS

٣- العمالة LABOUR

حيث يعنى الموقع مكان العمل الصيانى وينحصر فى موقعين:

١- ورش متخصصة WORKSHOPS

٢- موقع المعده المصانه IN LOCATION

وتتم هذه العملية الصيانية فى الورش فنحتاج الى:

١- فك المعده عن الشبكة

٢- اخراج المعده من الموقع

٣- نقل المعده الى الورشة المتخصصة

٤- انزال المعده فى المكان المحدد لها

ويبدأ بعد ذلك اجراء الصيانة المطلوبة حسب البرنامج ثم نعود الى نفس الخطوات الاربعة بالطريق العكسى لاعادة المعده فى الشبكة الكهربية اما اذا كانت الصيانة بالموقع فيكون العمل مباشرا.

وجدير بالذكر انه فى حالات نقل المعدات الضخمة مثل التوربينات والغلايات او محولات ومانعات الجهد العالى والفائق تظهر الحاجة الى مهمات خاصة بعمليات الرفع والنقل والانزال واجراء الصيانة علاوة على الخبرة الفنية العالية والالمام الكامل بقواعد الامن الصناعى اما فى الموقع (دون النقل) فتحتاج الى انشاء الورشة المتخصصة وما يضاف اليها من معدات.

عملية الاعداد والتجهيز تشمل العدد والادوات وبالرغم من انه تقليدى الطابع الا انه من اصعب واهم الاعمال الهندسية خصوصا للمهندس حيث تتبع الخطوات التالية:

١- اعداد قائمة بالادوات والعدد اللازمة

٢- استخراج ما فى القائمة من ادوات وعدد واجهزة متوفرة وموجودة بالفعل

٣- العمل على شراء او احضار باقى المهمات فى القائمة

٤- اختبار كل العدد والادوات تبعا لتعليمات الامن الصناعى والتأكد من سلامتها

٥- استبدال اى اداه غير صالحة للاستخدام باخرى سليمة

٦- التأكد من توافر قطع الغيار المطلوبة ومعاينتها

٧- تجميع كل الادوات وتخزينها بالاسلوب الصحيح

وكل هذه الخطوات تعتبر عمليات صعبة لما تستنفذه من جهد غير واضح علاوه على تواجد الثقة الزائدة احيانا فتتعطل الاعمال ، اما العمالة فتؤثر بشكل ملحوظ على الجودة الصيانية وهو محور يعتمد على اتجاهين هما:

١- الاعتماد على الخبرات المحلية والدولية للمساهمة فى اعمال الصيانة

٢- التدريب المسبق PRETRAINING للعمالة المصرية سواء عن طريق السفر الى الخارج فى بعثات او عقد الدورات التدريبية المتخصصة بمصر على ايدى الخبراء الوطنيين او الاجانب او كليهما حتى يصبح العامل او الفنى او المهندس ملما بكل ما يخص العمل مسبقا وهو يماثل البروفة فى المجال الفنى بالسينما والتليفزيون والمسرح.

تدريب المهندسين يعتمد على التطوير الفكرى لقائد العمل ولا يجب ان يمارس المهندس العمل الصيانى بيديه حتى تنتقص درجات الامن الصناعى درجة حيث يلغى تواجد المشرف على القائم بالعمل التنفيذى فعلية الاشراف فقط والتفرغ له اما عن التدريب للفنيين فهو ذلك التدريب اليدوى اساسا بجانب النظرى للتوعية حيث يكون مدركا لما يفعله اثناء العمل ويفهم الغرض من اجراء الصيانة فيرفع من مستوى الاداء كلما امكن تبعا لقدراته الذاتية.

٣-٣: المراجعة REVISION

يأتى بند المراجعة كأخر الدعائم التى يقوم عليها عمل الصيانة الوقائية وهى تنطوى على عددا من الاتجاهات التى يمكن ابرازها ايجازا على النحو التالى:

١- ضبط اجهزة الوقاية ADJUSTMENT OF RELAYS

٢- تحديد عيوب التشغيل DISADVANTAGE DTEREMINATION

٣- التأكد من سلامة التأريض EARTHING

٤- الاجراء الفورى للصيانة الطارئة EMERGENCY MAINTENANCE

٥- الدراسة والتحليل ANALYSIS

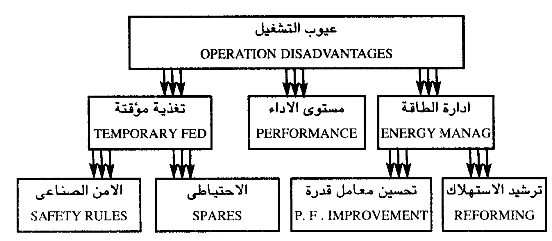
عند النظر الى الشبكة الكهربية نجد انها تنتشر دائما فى مساحات شاسعة منها الكثير من الاجزاء غير المرئية سواء تحت الارض او داخل الحائط البنائى او فى الاسقف او فى المجارى الى غير ذلك من الاوضاع وهذه الشبكة دائما فى زيادة مضطردة ويتم اضافة أجزاء جديدة بصورة شبة يومية مما يؤثر على ضبط اجهزة الوقاية فى كثير من الاحيان ولذلك تظهر اهمية المراجعة كصيانة وقائية ويقع هذا العبء على مهندس الصيانة وفى مراكز التحكم الاقليمية والرئيسية فى الشبكات الموحدة . ويعتمد تحديد عيوب التشغيل على اسلوب ادارة الطاقة كما هو مبين فى الشكل رقم ٣-٣ وهو الاتجاة الحديث فى العقدين الاخيرين للمحافظة على الطاقة المولدة واستهلاك المطلوب منها بقدر الحاجة اليها بأسس ترشيد استهلاك الطاقة والتى تنطوى على:

١- تحسين معامل القدرة

٢- استخدام التقنيات الحديثة للتحكم فى استهلاك للطاقة

٣- الاعتماد على وسائل الاضاءة الشديدة قليلة الاستهلاك للطاقة

٤ - استغلال الطاقة الجديدة والمتجددة مثل الطاقة الشمسية والرياح والمياه.



الشكل رقم ٣-٣: مجالات عيوب التشغيل فى الشبكات الكهربية

اضافة الى ذلك نجد ان ادارة الطاقة تخضع للعمل الهندسى حيث تكون الاحمال النمطية ذات الطابع الموحد وهو ما يمكن ان يتبع مع النظم الحديثة سواء للتحكم فى الاضاءة او التكييف المركزى او الوسائل الاتصالية او الانذارية بينما مستوى الاداء يعتمد بالدرجة الاولى على تلافى العيوب فى الشبكة والتغلب عليها من خلال الصيانة الطارئة لتحسين مستوى الاداء حيث يتم

اصغر جزء يحتاج الى الصيانة ومعالجته واعادته الى الوضع الطبيعى وهى عادة ما تتبع الحوادث سواء كانت تشغيلية او استخدامية.

اما التغذية المؤقتة تعنى امداد الموقع بالطاقة السريعة الفورية المطلوبة فى اضيق نطاق ولا يمكن تجاهل قواعد الامن الصناعى لنحمى الفرد المتخصص والعادى كما يلزم الانتهاء منها قبل مغادرة المكان.

من اهم المعاملات الواجبة يأتى بند التأريض لما له من خطورة على المتعاملين مع الدوائر الكهربية بل والاجسام المعدنية التى بداخلها دوائر كهربية والتأريض فى الشبكة المحلية يتم بقياس مقاومة التأريض بصفة منتظمة خصوصا اذا ما ظهر تغير زمنى مستمر مع الوقت ويلزم اتباع المواصفات القياسية فى هذا الشأن ، كما يلزمنا الدراسة والتحليل لوضع الخطط المناسبة لتحديد العيوب والاخطاء ومن ثم تلافيها وتتم من خلال خطوات يمكن تصنيفها على الوجة الاتى:

١- دراسة الاحمال LOAD STUDY

٢- تصنيف العيوب والمشاكل CLASSIFICATION

٣- تحديد الاعطال FAULT DETERMINATION

٤- وضع الحلول المناسبة SUITABLE SOLUTIONS

نحتاج لتحديد نوعيات الاحمال عند دراسة الاحمال وصولا الى الحدود المثلى التشغيلية وهو موضوع نظرى طويل ويمكن الرجوع الى كتاب الشبكات الكهربية والصادر عن الهيئة العامة للأبنية التعليمية والمرقم برقم ٧ بقائمة المراجع اما التخطيط النوعى يسهل مهمة تصنيف العيوب تبعا للمعده ، ولكن تحديد الاعطال يحتاج الى الاجهزة الحديثة والدقيقة توفيرا للجهد والوقت وخصوصا مع الكابلات لاختفاء مسارها تحت الارض وارتفاع تكلفة البحث عن العطل - الا اذا تم الاستعانة بالاجهزة الحديثة - ثم يجب على المهندس فى النهاية وضع الرؤية الذاتية فى صورة تقارير هندسية بما يراه او يلحظه لتقوم الادارة باتخاذ اللازم.

الفصل الرابع

الاختبـــــارات الكهربيـــــة



الاختبـــارات الكهـــربيـــة

TESTING

تعتبر الاختبارات من اهم المؤشرات الحقيقية التى تعبر بجلاء عن ماهية الشىء ومدى مطابقته للمواصفات او صلاحيته للاستخدام بشكل عام وتزداد قيمة هذه الاختبارات بالنسبة للمهمات او الاجهزة المستخدمة فى نطاق الابنية اذا ما كانت تخص الشبكات الكهربية معلنا الاهمية والحاجة الملحة للاختبارات الكهربية للتركيبات الكهربية فى الابنية وجميع المهمات والادوات الملحقة التى تشملها هذه الشبكات للاسباب التالية:

* تؤكد الصلاحية للاستخدام
* تبين مدى التطابق مع المواصفات المطلوبة
* تؤيد سلامة البيانات المقدمة
* تحدد العيوب الموجودة
* تعطى مؤشرا عن مدى استمرارية الانهيار او التقدم فى الخواص محل الدراسة
* تفيد بوضوح عن امكانية الاستعمال
* تساعد على تعيين اماكن الاعطال
* تصلح مؤشرا جيدا للدراسة والبحث ومن ثم التحليل
* توفر الجهد المبذول لايجاد العيوب الخفية
* تقلل من استهلاك الوقت نتيجة الحصول على ما يؤكد الصلاحية فى اقل وقت ممكن وبالطرق الصحيحة.

٤-١: الاختبارات العامة GENERAL TESTS

مهما كان الامر فأن الاختبارات الكهربية وخاصة للشبكات الكهربية فى المبانى تكون ضرورية وهامة لاتاحة الفرصة للتعرف على خواص التشغيل ومدى الصلاحية للتشغيل والاستخدام وهذه الاختبارات تنحصر فى محورين اساسيين وهما مكملين لبعضهما فى الاطار العام ولابد من تطبيق هذه الاختبارات وغالبا ما يصاحب الاجهزة والمعدات والمهمات شهادات صادرة عن الجهة الصانعة بيانات كاملة عن نتائج الاختبارات ونوعيتها وتاريخ اختبارها او نتائج الاختبارات لاى من اعمال الصيانة السابقة وهذا لا يغنى عن تبسيط المحورين بصورة موجزه على النحو التالى.

النوع الاول: الاختبارات التصنيعية FACTORY TESTING

تتم هذه النوعية من الاختبارات فى المصنع المنتج بعد واثناء التصنيع فى بعض الحالات او فى المعامل المتخصصة كما نشاهد منها مثلا لمعمل الجهد الفائق المركزى كما فى الشكل رقم ٤-١

(ص ٦١) حيث نرى مولد الجهد الفائق على ثلاث مراحل وتصنف كما يلي:

١- اختبارات مدمرة DISRUPTIVE

هذه الاختبارات تتم لتحديد نقطة التدمير الشاملة مما يكون بعدها قد تدمر الجزء المختبر تماما ويصبح غيره سواء فى الشكل او المضمون ويكون غير مطابقا للمواصفات وهذه النوعية هامة وضرورية لمعرفة اقصى امكانية تشغيل او استخدام ، الا ان هذا الاختبار المدمر لا يمكن ان يستخدم لجميع العينات ولذلك فهو اختبار احصائى حيث يتم اختيار العينات عشوائيا للتأكد من سلامة التشغيلة ويكون من اساسيات جودة التصنيع على وجة الاطلاق وهو ما يرفع اسم شركة صانعة عن غيرها.

من افضل الامثلة المعبرةعن هذه النوعية من الاختبارات ويعبر عنه بجلاء هو اختبار جهد الانهيار الكهربى للعازلات وهو الاختبار الذى يحدد اقصى جهد يتحمله العزل وفيه يتم رفع الجهد تدريجيا الى ان ينكسر العزل كهربيا وهذه هى القيمة المطلوبة للاختبار ولكن هذه العينة المختبرة تكون قد فقدت تماما الصفات العازلية ولا يجوز استخدامها بعد ذلك ومثل الاختبار الدورى لزيوت المحولات سواء كان لمحولات القدرة او لمحولات القياس كما يوضحها الجدول رقم ٤-١ حيث يخص عينات زيوت زاوية العزل الكهربى تقاس بجهد ١٠ ك.ف.

جدول رقم ٤-١: الحدود القياسية لاختبارات زيوت المحولات فى محولات القياس

نوع المحول	جهد التشغيل (ك.ف.)	درجة الحرارة (مئوية)	ظل زاوية العزل (٪)	اقل جهد انهيار (ك.ف.)	دورة الاختبار
محول تيار Transformer Current	٥٠٠	٢٠ ٧٠	< ٠,٥ < ٤,٥	٤٥	مره / ٣سنوات
	٢٢٠ - ٦٦	٢٠	< ١	٣٥	مره / ٣سنوات
محول جهد Potential Transformer	٥٠٠ ٢٢٠ - ٦٦ ٣٥ - ١١	٢٠ ٧٠	< ٠,٥	٤٥ ٣٥ ٢٥	مره / ٣سنوات مره / ٣سنوات مره / ٣سنوات

محولات الجهد الفائق او العالى كما نرى فى الشكل رقم ٤-٢ (ص ٦١) تكون غالبا سعوية الطابع ومقاومتها لاتقل عن ٣٠٠ميجا اوم باستخدام الميجر ٢,٥ ك.ف. كما نرى على الجانب الاخر شكل محولات التيار جهد ٤٢٠ك.ف. فى الشكل رقم ٤-٣ (ص ٦١) .

٢- اختبارات مستهلكة CONSUMING

وهى تلك الاختبارات التى يتم اجرائها على جميع العينات الفعلية وليست المنتقاه فقط وهى ذات نوعية استهلاكية للجزء المختبر والذى قد يؤدى بعد فترة او عدداً معينا منها الى انهيار جزئى ثم شامل ، وبالرغم من ذلك فانها ضرورية ولازمة، الا انه ظهر اسلوب النمذجة والمحاكاه الذى يعطى بجلاء الفكرة الكاملة عن الاختبار وحتى ذلك النوع المدمر السابق الحديث عنه وهو ما يوفر علينا

الجهد والوقت ويعطى الصورة الكاملة عن نتائج الاختبارات الحقيقية والتى قد تؤثر على عمر المنتج المختبر . ويعرض لنا الجدول رقم ٤-٢ القيم المحدده للعزل فى ملفات محولات القياس كمثال عن نوعية الاختبارات ويستخدم لقياس مقاومة العزل جهاز الميجر ١ او ٢,٥ ك.ف. بينما تقاس زاوية العزل (معامل الفقد) بالجهد ١٠ك.ف.ونوضح بانه يلزم قياس نسبة التحويل لمحولات الجهد بصفة مستمرة (مره سنويا او كل عامين)

جدول رقم ٤-٢: حدود العزل لملفات او وسط محولات القياس بميجر ٢,٥ك.ف.

نوع المحول	جهد التشغيل (ك.ف.)	درجة الحرارة (مئوية)	ظل زاوية العزل (٪)	اقل جهد انهيار (ك.ف.)	دورة الاختبار
محول تيار Transformer Current	٥٠٠ ٢٢٠ - ٦٦	٢٠ - ٣٠ ٢٠ - ٣٠	< ١ < ١,٥		مره / سنتين مره / سنتين
محول جهد Transformer Potential	٥٠٠ ٢٢٠ - ٦٦ ٣٥ - ١١	٢٠ - ٣٠ ٢٠ ٢٠	< ٠,٥	٣٠٠< ٣٠٠< ٣٠٠<	مره / سنويا مره / ٣سنوات مره / ٣سنوات

٣- اختبارات ضاره BAD TESTS

هى الاختبارات التى نحتاج اليها ولكنها قد تضر اما بالمنتج او بالقائم بالاختبار مهما كانت الاجراءات الوقائية والتى يمكن تبسيطها الى الذهن فيما لو كانت هذه الاختبارات اشعاعية وما يتبعها من جرعات قليلة دائمة وطائشة عادة ما تصيب القائمين على الاختبارات كما انها قد تكون ضاره للسلعة نفسها مثل اجراء اختبارات العزل على الجهد العالى لتحديد الجهد الشرارى وهو ما قد يكون ضارا للعزل نفسه داخليا.

يأتى اختبار مفرغات الشحنة ARRESTERS من اول الامثلة الشارحة لهذا النوع وهى المستخدمة لحماية الملفات فى الشبكات الكهربية الشكل رقم ٤-٤ (ص ٦٣) حيث نجد الجدول رقم ٤-٣ مبينا لقيمة المقاومة لمفرغات الشحنة من النوع المغناطيسى MAGNETIC VALVE TYPE وللضرر اثناء الاختبار يلزم فصل التيار فى مدة اقل من ٠,٥ ثانيه بالاضافة الى وضع مقاومة فى الدائرة لتقليل قيمة التيار الى ٧٠٪.

كما توجد اختبارات مفيدة تساعد على تنشيط الجزء المختبر فمثلا بالنسبة للبطاريات الحمضية يكون الاختبار لها مفيدا او اختبار الاجهزة الالكترونية كل فترة كنوع من التسخين لها فيحافظ عليها ضد الرطوبة وتاثيراتها السلبية على الدوائر المتكاملة الشكل رقم ٤-٥ (ص ٦٣) بها وهناك المزيد من الامثلة الايضاحية لنوع الافادة من الاختبار.

النوع الثانى: الاختبارات الموقعية LOCAL TESTING

على الجانب الاخر نجد ان الاختبارات الموقعية هى هذه الاختبارات التى يمكن ان تتم فى الموقع مباشرة وهى عديدة وعادة ما تكون جزءا بسيطا من الاختبارات التصنيعية والتى سبق شرحها

جدول رقم ٤-٣: بيان الاختبارات القياسية على مفرغات الشحنة

النوع (طراز)	جهد تشغيل (ك.ف.)	جهد انهيار (ك.ف.)	تيار (ميجا ك.أ)	مقاومة عزل (ميجا اوم)	جهد موحد (ك.ف.)	تكرار الاختبار
--	٣	٧,٥ - ٩,٥	٣٨٠ - ٤٣٠	١٥ - ٤٠	٤	مره سنويا
--	١١	٢٦ - ٣٠,٥	٢٠٠ - ٢٥٠	١٧٠ - ٤٥٠	١٠	مره سنويا
قياسى	٦٦	٦٧ - ٧٨	١١٠٠ - ١٢٥٠	٥٠٠ - ٢٥٠٠	٣٠	مره
قياسى	٢٢٠	٦٣ - ٧٤	١١٠٠ - ١٢٥٠	٥٠٠ - ٢٥٠٠	٣٠	كل ٥
قياسى	٥٠٠	٦٣ - ٧٤	١١٠٠ - ١٢٥٠	٥٠٠ - ٢٥٠٠	٣٠	سنوات

وهى ما يجوز ان تكون من جميع الانواع المطروحة عالية ماعدا تلك النوعيات المدمرة او الضارة احيانا ولكن يمكن ان تكون مستهلكة وتتم بطريقة ترشيدية وعند اللزوم فقط او من النوع المفيد وهى كذلك فى اغلب الاحيان ، وهو ما قد يستلزم ان ننشأ المعمل الاختبارى فى الموقع سواء كان فى صورة سيارة اختبارات او معمل صغير على شاكلة مانراه فى الشكل رقم ٤-٦ (ص ٦٥) ولكن فى هذه الحالة لابد من وضع كافة الاحتياطات الامنية والتى نراها حيث يحاط المعمل تماما من جميع الجهات بجانب اسلوب الانترلوك INTER LOCK لمنع الحوادث ونحمى الافراد.
اما عن الابنية وشبكاتها مثل ما يحدث مثلا فى الابنية التعليمية بضرورة الاختبارات استهلاكية الطابع التالية:

* اختبار المفاتيح عمليا تحت قصر (اذا كان هناك ضرورة ملحة لذلك).
* اختبار الحمل الكامل لمكونات الدوائر.

اما بالنسبة لباقى الاختبارات تفتيشية الطابع فيمكن ان نذكر منها على سبيل المثال وليس الحصر مايلى:

* يجب التأكد من توصيل المفاتيح الاحادية على الفردة الحيه للتيار.
* يجب توحيد اتجاه التوصيل للمفاتيح على المستوى العام ليكون الى اعلى فقط.
* يجب التأكد من سلامة اجهزة الاطفاء بصفة دورية وطبقا للقواعد العامة.

بالرغم من ان التحميل ما هو الا نوعا من الاختبارات الاستهلاكية السابق الاشارة اليها الا اننا ندرجها فى صورة مستقلة لاهمية هذا الاختبار والذى لا يمكن ان يتم بالتبعية التصنيعية ومن هنا كان هذا الفصل عن بقية الاختبارات تنويعا ليكون التحميل مؤديا لاتجاهين اولهما اختبار كهربى للشبكة والثانى للاصول الفنية التى اتبعت فى تنفيذ هذه الشبكة الا انه قد تكون هناك عيوبا لا تظهر مباشرة فى اختبار التحميل اوبعده وقد تظهر بعد فترات زمنية قد تطول او تقصر طبقا لظروف التشغيل ونوعية العيب ومكانه.
كذا نرى ان التحميل الاختبارى شيئا ضروريا حتى تطمئن النفس الهندسية لحسن التنفيذ ولو بالقدر الظاهرى للاستخدام ، خصوصا وان المستخدم غالبا ما يكون غير هندسيا كما هو الحال فى الابنية التعليمية والحكومية والمنزلية فالاضاءة مثلا يستخدمها الطفل والهرم وسيده المنزل

والذين قد يكونون بعيدين تماما عن العلوم الهندسية علاوة على انه توجد كثير من الحالات التى لايفهمها ولا يستوعبها الا المهندس المتخصص فى هذا المجال.

يكون التحميل الاختيارى النوعى متاحا في لوحات التوزيع والمفاتيح الكهربية المستخدمة لتشغيل المعده بعد صيانتها وعاده ما يمكن تقسيم نوعية التحميل على النحو الاختيارى المتعدد مثل الاضاءة او البرايز او المحركات او الاجهزة وغيرها كما يمكن ان يتم تقسيم الموقع الكامل الى اجزاء ويجب ان يتم تحرير نحضر بالاختبار التحميلى ويوقع عليه كلا من طرفى الصيانة والتشغيل وتحت الاشراف الادارى ويجب ان يشمل هذا المحضر النقاط التالية:

١- تدوين الزمن بالضبط لكل من الخطوات بداية ونهاية لكل من التقسيمات الاختبارية المحددة هنا وكذلك بالنسبة لبداية التحميل الكامل ونهايته وكذلك التحميل الزائد والتوقيع على كل زمن يحرر فى المحضر خطوه خطوه.

٢- تدوين جميع انواع الاعطال فى كل خطوه وزمن اكتشافها وما تم فيها فى حينه وما اذا تم تأجيل اى من الاحمال لهذا السبب.

٣- تسجيل كل ما ظهر من سلبيات او ما هو غير اكيد من وجه النظر التحميلية.

٤- فصل التغذية تماما عن الموقع والتوقيع على ذلك من الطرفين مع تحديد هذا التوقيت ايضا.

٥- اعتماد المحضر من الادارة الاعلى للطرفين بعد الانتهاء من الاختبار تماما.

٤-٢: الاختبارات النوعية TYPICAL TESTS

يجب اجراء التفتيش والاختبارات المناسبة قبل وبعد اعمال الصيانة تحقيقا للاهداف الاتية:

١- بيان مدى التطابق مع المواصفات القياسية

٢- التأكد من الصلاحية للاستخدام

٣- تأييد البيانات المتوفرة

٤- تحديد العيوب واماكنها باقل جهد ممكن وباسرع الوسائل

٥- الاشارة الى التطور الزمنى للكفاءة الكهربية ومكافحة العيوب قبل حدوثها.

ويمكن الوصول الى هذه الاهداف من خلال المبادىء التالية:

١- دراسة الكتالوجات جيدا قبل اى اجراءات وهذه الكتالوجات لابد وان تحتوى على:

* المواصفات الفنية والهندسية Specifications
* اسس التركيب Installation Instruction
* كيفية الصيانة والتحذيرات الواجبة عموما Maintenance Guide

٢- فحص المهمات قبل التركيب للوقوف على مدى صلاحيتها بعد التخزين.

٣- الاعتماد على اسلوب الصيانة المستمرة المسبقة بدلا من علاج الاعطال فهى الطريق السريع الى التفوق اداءا.

كما يجب الالتزام بقواعد الامن الصناعى قبل اجراء الاختبار وقبل التشغيل والتأكد من سلامة معدات الامان والقدرة على الاستخدام عند اللزوم وان يتم ذلك بشكل دورى فى شكل اعمال الصيانة والمتابعة الروتينية علي التركيبات الكهربية فى الابنية التعليمية ويمكن ايجازها علي النحو المبين فيما بعد.

أولا: اختبار لوحات التوزيع SWITGH BOARDS

يشمل هذا الاختبار محورين لاحتواء المضمون الفنى والشكل الهندسى نوجزهما فى :

(أ) الشكل الظاهرى:

يختص هذا المحور بالمظهر الهندسى كنوع من التفتيش والمعاينة الفنية ونضعها فى نقاط هى:

١- ضرورة تواجد جوانات على الابواب لحماية التوصيلات الداخلية من تسرب الاتربة او السوائل.

٢- وضع العلامات الارشادية عليها من الخارج مثل خطر وممنوع الاقتراب واسم اللوحة باستخدام الاوراق المعدنية والزنكوغراف.

٣- وضع الرسم على الباب من الداخل وعليه بيان بالمفاتيح ومسمياتها على الورق المعدنى.

٤- ترقيم الاطراف وتوقيعها على الرسم

٥- يلزم عدم التعارض مع المنظر المعمارى

٦- يجب التأكد من عدم وصول الطلبة اليها او فتحها.

٧- توحيد مستوى تركيب لوحات التوزيع الفرعية بكل المشروع من الارضية

٨- استخدام كوالين لمنع فتح اللوحات من غير المختص

(ب) الناحية الفنية:

يتضمن هذا المحور القيمة الهندسية لهذه اللوحات وضمان تشغيلها بالاسلوب الصحيح ونضع أبرزها فى :

١- اختبار الاطراف والتربيط الجيد المؤكد بها

٢- تربيط القضبان الرئيسية جيدا من جهة وترك الجهة الاخرى بتربيط ضعيف يسمح بالتمدد والانكماش.

٣- منع التداخل بين الدخول والخروج والتربيط الجيد وفى اتجاه دوران مسمار الربط على أن تتواجد وردة فوق كل سلك ملفوف تحت المسمار كما نشاهدها فى الشكل رقم ٤-٧ (ص ٦٥) حتى نجعل مساحة الضغط أكبر ما يمكن وحتى لا تكون حركة الربط عكس اتجاه أطراف السلك.

٤- تقفيل ايه فتحات بها فى اماكن دخول الكابلات.

٥- عدم التربيط على القضبان الا مع خروج واحد فى المسمار الواحد كما فى الشكل رقم ٤-٧ (ص٦٥) .

٦- عند الاحتياج الى تربيط اكثر من دائرة فى مسمار واحد يمكن عمل مشترك للتربيط عليه انفراديا والحفاظ على المبدأ السابق.

٧- التأكد من التربيط الجيد مع نقطة التأريض فى اللوحة وقياس مقاومتها.

٨- التأكد من تشغيل مقياس الجهد والسليكتور سويتش فى كل الاوضاع وكذلك قراءات الاميرومتر المتواجد على كل الاوجة وانهم جميعا يعملون بصورة جيدة وكذلك لمبات البيان باللوحة ويمكن الاستعانة بجهاز قياس الزاوية بالشكل رقم ٤-٨ (ص٦٧) لتحديد معامل القدرة فى هذه المنطقة.

ثانيا: اختبار القواطع والمصهرات BREAKERS & FUSES

تعتبر القواطع الكهربية من اهم الاجزاء فى الشبكة الكهربية حيث انها القادرة على فصل التيار والجهد عن مكان الخطأ او العيب الكهربى (القصر) اذا ما ظهر ولذلك تأخذ القواطع الكهربية كل الاهتمام والرعاية حماية للافراد والمعدات على حد سواء ويتمثل هذا الاهتمام فى الاجراءات الاساسية التى يجب ان تتم عليها فى النقاط التالية:

١- التأكد من جهد العزل ومقنن التيار ويمكننا الاستفادة من اجهزة بث التيار بالشكل رقم ٤-٩ (ص٦٧) للقياسات المطلوبة على وجه العموم.

٢- التأكد من درجة الملمس الخاصة بملمسات التوصيل ونوعية المعدن المطلى به.

٣- مراجعة التربيط على الاطراف والتأكد من شدة التربيط.

٤- اختبار القواطع على قصر (عند الحاجة الملحة فى حالةعدم توافر الاختبارات الكهربية الدقيقة والمؤكدة) بالاسلوب التالى ودون اخلال بترتيب الخطوات:

* تجهيز وسائل الامن الصناعى واختبارها والتأكد من صلاحيتها
* تواجد المختصين القادرين على التعامل مع اجهزة الامن الصناعى من طفايات وخلافه ووضعها بالقرب من مكان الاختبار
* يتم تجهيز وحدة موصلات قصر على اى من الاوجة والارض مثلا وهى عبارة عن موصل له طرفان لهما امكانية الربط المسمارى الجيد
* يتم فصل المفتاح المراد اختباره وكذلك فصل المفتاح المنبع المغذى اليه فى اللوحة السابقة للمفتاح تحت الاختبار
* يتم تركيب ارضى محلى بمكان العمل تبعا لتعليمات الامان
* يتم تركيب وصله القصر على الخروج من المفتاح تحت الاختبار ويتم التثبيت الجيد وممنوع على الاطلاق استخدام اسلوب التلامس باليد

* يتم ضبط اجهزة الوقاية على المفتاح المختبر الى اقل زمن
* يتم ضبط المفتاح الذى يوصل التيار الى المفتاح تحت الاختبار بزمن كبير
* يرفع الارضى المحلى بالموقع تبعا للكود المصرى قبل توصيل التيار فى كل اختبار حماية للافراد العاملين.
* يتم توصيل المفتاح تحت الاختبار .
*يتم توصيل المفتاح الذى يوصل التيار الى المفتاح تحت الاختبار .
*لابد وان يفصل المفتاح تحت الاختبار اذا كان سليما وان لم يكن لزم التغيير .
*لا يجوز اجراء هذا الاختبار دوريا ولكنه يتم مره واحده حيث ان الفصل الالى هنا يؤثر على اداء المفتاح اذا تكرر كثيرا.
* يتم تركيب ارضى محلى بمكان العمل تبعا لتعليمات الامان
* ترفع وصله القصر من مكانها بعد الفصل
* يرفع الارضى المحلى بالموقع.

يتكرر هذا العمل مع المفاتيح الاخرى (عند الضرورة القصوى والحاجة الملحة) الا انه مع المفتاح الرئيسى فى لوحة التوزيع الرئيسية لا يمكن اختباره الا من خلال شركة توزيع الكهرباء المختصة حتى يكون التعامل مع المفتاح الخاص بها هو المغذى للشبكة الداخلية فى الموقع بالرغم من خطورة الخطأ على الشبكة العامة الخارجية (كما يمكن اللجوء الى هذا الاختبار عند الضرورة القصوى).

تتواجد المصهرات بكثرة فى الشبكات عموما وتتحمل عبء فصل التيار عن الجزء من الشبكة التى تحتوى على العيب الفنى ولكنه فى حالة اذا ما كان المقنن للمصهر هذا اقل من التيار المار فيه يستمر التيار احيانا ويفقد المصهر مفعولة وبهذا تكون له من الاهمية مثل المفاتيح الكهربية على قدم المساواه ولذلك يلزم التأكد من سلامته باستمرار وعدم التلاعب فى كفاءته الكهربية من خلال الخطوات الآتية:

١- يلزم التأكد ظاهريا من عدم العبث فى تشعيره المصهر.
٢- يجب الرجوع الى جداول المصهرات عند اعادة التشعير والتأكد من نوعية التشعيرة ومقاسها.
٣- يلزم متابعة المصهرات بصفة دورية.

اما عن السكاكين الكهربية فتحتاج الى :

١- يجب التأكد من ملمس طرفى السكينة ودرجة نعومة السطح.
٢- يجب قياس شدة الضغط بين طرفى السكينة باستخدام الديناموتر.
٣- التأكد من ان تركيب السكينة بحيث يكون محور حركة الطرف المتحرك الى اسفل السكينة دائما.

٤- لابد من تغيير وقلب اوضاع السكاكين غير المطابقة للوضع فى البند ٣ السابق.

ثالثا : اختبار الكابلات والاسلاك المعزولة CABLES TESTING

نبدأ بالحديث عن الكابلات حيث نضعها فى ثلاث مراحل:

(أ): الاختبارات الميكانيكية Mechanical Tests

يشمل هذا المحور عدداً من الملاحظات الهامة هندسيا منها :

١- التأكد من عدم عصر الكابلات طبقا للمواصفات.

٢- التأكد من رمى الكابلات داخل مواسير عازلة أو معدنيةأو خرسانية فى الارض كخط دفاع اول عن الكابل من الاخطار الميكانيكية والرطوبة وغيرها .

٣- مراجعة غرف التفتيش مع المسافات الطويلة .

٤- التاكد من وضع الكابلات على المسافات القياسية فى باطن الارض تبعا للمواصفات

(ب) المنظر العام General

يتبع هذا المحور التأثير المرئى للأداء الهندسى من الجهة الهندسية والمعمارية والجمالية ومنها النقاط الآتية :

١- تغطية الاجزاء الظاهرة من الكابلات

٢- تقفيل اماكن الدخول الى الحائط او الى علب التوصيل بصورة جيدة

٣- تغطية الكابلات كلما امكن

(ج) الاختبارات الكهربائية Electric tests

توجد طرق كثيرة لاختبارات الكابلات ولكننا هنا لا نحتاج اليها الا فى أحيان نادرة ومنها التيار النبضى والتيار المتردد والتيار المستمر بينما يمكن تحقيق الاختبار الكهربى البسيط على شقى الكابل وهما :

الشق الاول : الموصلات Conductors

هنا نحتاج إلى التأكد من السلامة الهندسية لصفات الموصلات داخل الكابل وذلك من خلال ما يلى :

١- يمكن الاستعانة بالورنيه والميكرومتر لتحديد مقطع الموصلات

٢- ضرورة قياس مقدار هبوط الجهد عند نهاية طول مسار الكابل باستخدام الفولتمتر

الشق الثانى : العزل Insulation

ينقسم العزل الى الانواع التاليه تبعا لنوعية الاختبار باستخدام الميجر ٥٠٠ او ١٠٠٠ فولت لقياس المقاومتين عند ١٥ وكذلك ٦٠ ثانية وتتوافر الساعات الرقمية كما نراها فى الشكل رقم ٤-١٠ (ص ٦٩) لتساعد فى انجاز العمل بسهولة والذى يتم فى نوعين من العزل كما يلى :

١- العزل بين الاوجه بعضها البعض .

ويتم هذا الاختبار كما يلى :

* يتم توصيل طرفى الميجر على موصل احد الاوجة والطرف الاخر مع الموصلات الباقية معا من الجهتين وفصل الكابل عن الشبكة تماما اما من خلال السكاكين او المفاتيح الكهربية عند الاطراف ويتكرر ذلك مع الاوجة التالية بالتتابع.

٢- العزل بين كل وجه والارض .

ويتم هذا الاختبار بالاسلوب التالى:

* يتم توصيل احد طرفى الميجر مع موصل الوجه المختبر اما الطرف الثانى فيوصل مع كل الاوجة الباقية والارضى معا وذلك يتكرر من الجهتين بالنسبة لتوصيل الموصلات ولكن الاختبار يتم من جهة واحدة فقط ويتم الاختبار بالقياس ١٥ / ٦٠ ثانيه طبقا لجداول المواصفات الخاصة بها.

اما بالنسبة للاسلاك المعزلة فتتم على محورين هما:

(أ) الموصلات:

حيث أن هذه النوعية من الاسلاك هى الاكثر شيوعا داخل الابنية على وجة الخصوص فنحتاج إلى :

١- يتم اختبارها كما هو وارد فى بند الكابلات باستخدام الميكرومتر او القدمة ذات الورنية.

٢- يجب التأكد من مطابقة المواصفات بالنسبة للخراطيم ومقاس الاسلاك.

٣- يلزم التفتيش عن النتوءات اذا ما ظهرت او الثنى الميكانيكى الحاد حيث يمثل نقاط الضعف فى التحميل الكهربى وتقلل كفاءة التشغيل.

(ب) العزل البلاستيك:

١- يتم الاختبار بالميجر لاختبار عزل السلكين المتجاورين معا داخل الخرطوم الواحد لاستحالة اختبار السلك المفرد من ناحية العزل عمليا فى الموقع بخلاف ما جاء بالنسبة للكابلات فى البند السابق حيث يتم توصيل احد طرفى الميجر مع احد الموصلين والطرف الاخر مع السلك الثانى وهنا يتم الاختبار بطريقة غير سليمة ١٠٠٪ ولكنها تكون معبرة شيئا ما اذاماكانت القراءات تدل على عيوب فى العزل حيث انه يلزم التأكيد على الاتصال التام بين الاسلاك وعدم وجود فراغات بين العزل وهو الأمر المستحيل ولذلك يعتبر هذا الاختبار مساعداً اذا أوجد عيبا فى العزل .

٢- يتكرر الاختبار على التوالى لجميع الاسلاك المتواجدة معا داخل خرطوم او ماسورة عازلة واحده حيث تحل الماسورة المعدنية محل السلك الثانى فى التوصيل مع الميجر.

٣- يمكن اختبار عينة من العزل مفردة بين طرفى الميجر.

٤- يمكن اختبار عزل السلك المفرد اذا كان يمر داخل ماسورة معدنية.

٥- يمكن تحقيق الاختبار باستخدام الشرائط المعدنية المسطحة بعد لفها جيدا حول السلك البلاستيك واعتبارها طرفا لتوصيل الميجر.

رابعا : اختبار شبكة التأريض Earthing Resistance

يعتمد التأريض على مبدأ حماية الافراد المتعاملين مع المهمات والادوات الكهربية ضد الاخطار والتى تنتج عن جهد الخطوة وجهد التلامس مع الاجزاء المعدنية ولذلك تأخذ الأهمية القصوى عند الاختبار.

١- يتم التأريض تبعا للمواصفات والكود المصرى.

٢- يتم قياس قيمة مقاومة الارضى ومتابعتها وتسجيل القيم بصفة دورية وذلك باستخدام جهاز قياس مقاومة التأريض.

٣- يلزم تقوية شبكة التأريض اذا ما زادت قيمة مقاومة التأريض عن الحدود المسموح بها فى المواصفات.

٤- يمكن التغلب على جزء من هذه المشكلة بدراسة الاحمال وجعلها متماثلة ثلاثيا بقدر الامكان.

خامسا : اختبار الخراطيم Hoses

(أ) نوعية الخراطيم:

نحتاج الى نوعية من الخراطيم لا تشتعل اذا ما حدث قصر خصوصا وأن الغرض منها هو عزل الاسلاك عن المواد الخرسانية لمنع التفاعل بينهما اضافة الى ايجاد مسار سهل لهذه الاسلاك فى وجود الخرسانة وحتى لاتحتاج الى تكسير لها كل مرة يلزم فيها تغييرا أو الحاجة الى التركيب ولذلك يجب وضع معايير اختبارية لها على النحو المبين فيما يلى :

١- استبعاد النوعية المصنعة من كسر البلاستيك والمخلفات الصناعية لمخالفتها للمواصفات باختبار الاشتعال.

٢- استبعاد خراطيم البولى اثلين رقيقة السمك لعدم المطابقة مع الاحمال الميكانيكية المطلوبة.

٣- التأكد من انواع البولى اثلين السميكة المطابقة للمواصفات سواء كانت مقاومة للاحتراق ام تبعا للاحتياجات الفعلية لكل حالة.

(ب) الكفاءة الهندسية:

من الجهة الأخرى نحتاج الى التأكد من سلامة المسارات الخاصة بالاسلاك والتوصيلات وعدم انسدادها سواء من نوع الخرطوم أو أثناء التركيبات الانشائية كما يلى :

١- التأكد من عدم تواجد انحناءات شديدة على طول المسارات قبل الصب.

٢- التأكد من سمك الثنيات عند الانحناءات والتأكد من السلامة الظاهرية مع عدم تواجد ايه شروخ فيها.

٣- يجب التأكد من دخول الخراطيم داخل العلب بالمسافة الكافيةطبقا لاصول الصناعة الفنية.

٤ ـ يلزم غلق اطراف الخراطيم قبل الصب بالاسلوب الفنى المتبع .

(ج) اختبار العزل:

بالرغم من عدم أهمية العزل الكهربى لهذه الخراطيم الا اننا نقوم بوسائل احتياطية لرفع درجة الامان التشغيلى لها مثل :

١- يتم اختبار عينة من الخرطوم بوضع السمك بين طرفى الميجر ولكن هذا غير معبر عن كل الخرطوم وانما يعبر عن هذه العينة وموقع الاختبار فيها فقط ويكون فعالا اذا ظهر عيبا بالصدفة .

٢- يمكن استخدام الاسلاك العارية لتدخل فى الخرطوم ملامسة له من الداخل ولف شريط معدنى حوله من الخارج واجراء الاختبار بالميجر وهو امر غير هندسى بل يكون معبرا اذا ما وجد عيبا ولكن لا يكون دليلا عن سلامة العزل اذا لم تظهر عيوبا وذلك قبل التركيب اما بعد التركيب فلا يمكن اختبار العزل نهائيا .

سادسا : اختبار الدوائر الكهربية Circuits

(أ) الوصلات Connections

تنقسم الى عده انواع فمنها المسمارية والتى تحتاج الى:

١- جودة الربط ويمكن الرجوع الى الشكل رقم ٤-٧ (ص٦٥) .

٢- مطابقة المواصفات فى الابعاد .

٣- استخدام الاطراف المحددة طبقا للمواصفات .

ومنها أيضا النوعية اللحامية والتى تستلزم:

١- جودة الاتصال بعد اللحام ويختبر من خلال جهاز الافومتر(ميكروأمبيرمترومیكروفولت متر)

٢- التأكد من تثبيت الوصلات جيدا منعا للاهتزاز

ومنها ايضا الوصلات الطرفية كنهايات الكابلات حيث يجب:

١- التأكد من كفادة التوصيل فى نهايات الكابلات.

٢- مراجعة الوصلات الكابلية اذا وجدت على طول مسار الكابل بنفس الاسس.

(ب) الدوائر الكهربية loops

١- التأكد من عدم وجود علاقة او اشتراك فى المسارات بين الدوائر الكهربية والاخرى الالكترونية او الخاصة بانذار الحريق او التليفونات او شبكات الحاسب او التكييف.

٢- التأكد من استقلالية دوائر الفصول كل بمفردها باستخدام بنسة الامبير مع الاحمال المتنقلة او باستخدام الاسلوسكوب مثل المبين فى الشكل رقم ٤-١١ (ص٦٩) لرؤية الموجات ونقائها او حتى الحصول على الرسم لها بتشغيل الجزء الراسم الذى يظهر فى الشكل ايضا.

٣- التأكد من الفصل بين دوائر الانارة عن غيرها من البرايز.

٤- التأكد من التماثل فى توزيع الاحمال على الاطوار المختلفة فى الدائرة الثلاثية.

٥- التأكد من وجود الرسم الكهربى المطابق للواقع التنفيذى موقعا ومطابقا فعليا (ثلاثى الابعاد منعا للخسائر المادية والبشرية اذا ما اهمل هذا التأكد).

٦- مراجعة توحيد مستوى المفاتيح وكذلك مستوى البرايز وايضا البواطات.

٧- التأكد من اتجاه توصيل المفاتيح الى اعلى وتركيبها على الفردة الحيه فقط.

٨- ثبات اتجاه الفردة الحيه فى البرايز.

٩- مراجعة دوائر التكييف سواء نظام الوحدات المنفصلة او المركزى.

١٠- مراجعة الشفاطات الهوائية للمغاسل والمطابخ.

١١- متابعة الالتزام بالالوان فى التوصيلات طبقا لما وارد فى الكود المصرى.

١٢- تركيب جهاز الوقاية ضد التسرب الأرضى خصوصا فى المعامل وعند التعامل مع الاطفال.

(ج) الدوائر الالكترونية Electronic Circuits

يستلزم الامر ايضا مشتملات الدوائر الكهربية الالكترونية من معامل مثل:

***** معمل اللغات:**

يجب أن يشمل هذا المعمل على أحدث التقنيات مع اعطاء الفرصة للتطور المستقبلى مثل :

١- تحديث معدات معامل اللغات واضافة شاشة فيديو مع النظام الالكترونى الحاسوبى تبعا لاخر الانظمة.

٢- الاعتماد على الانظمة التى تتيح التعامل مع توصيلات خارجية مثل الانترنت وشبكات الفيديو كونفرنس وشبكات الاتصالات المحلية وغيرها .

***** المعامل الطبيعية والكيميائية:**

تعتبر هذه المعامل اساسية بالنسبة للمدارس ولذلك تكون فى حاجة الى :

١- الاهتمام بها تبعا لدرجة الخطورة كما هو محدد بالمواصفات.

٢- عزل الدوائر الكهربية ومخارجها عن التلامس غير المقصود تحت ايه ظروف.

٣- تركيب جهاز وقاية التسرب الارضى لحماية الطلاب .

٤- تركيب كاشفات الحريق للانذار ضد حدوثه.

*** الاذاعة الداخلية Broadcusting:

فى المجمعات البشرية وخصوصا المدرسية نحتاج الى وسائل الاتصال والاستدعاء السريعة من خلال دوائر الاذاعة المحلية أو الداخلية وهى دوائر كهربية تخضع لبعض النقاط الهامة ومنها :

١- التأكد من تغطية كافة الاماكن بما فيها الاطراف.

٢- الخدمة الطلابية لها من الاولوية فى الرعاية الفنية.

٣- الحرص على تواجد وسائل الاستدعاء والقاء البيانات الهامة وخصوصا فى المدارس الداخلية .

*** شبكات الحاسب Computer Networks

بالرغم من تعدد نوعيات شبكات الحاسب من محلية الى دولية الى شبكات طرفية فأننا نحتاج الى ضمان التشغيل السليم لأى منها من الناحية الكهربية وذلك من بعض النقاط:

١- التأكد من سلامة جهاز عدم انقطاع التيار منذ البداية.

٢- مراجعة الاسلاك المحورية.

٣- اجراء اختبار الحمل الكامل لنقل المعلومات عبر شبكات الحاسب.

٤ ـ يفضل ادخال وحدات UPS لتغذية أنظمة الحاسبات فى المدارس .

*** شبكات الاتصالات Communication Systems

تعتمد شبكة الاتصالات على نوعية الهاتف والذى يعمل من خلال سنترالات رقمية حاليا ولذلك عند إختبار أى منها يلزم الاتى :

١- يلزم اختبار الحمل الكامل للسنترالات.

٢- من الضرورى حماية الوصلات والتوصيلات ايضا من التعرض المباشر الى الاتربة وغيرها حفاظا على مستوى الاداء.

سابعا : مكونات الدوائر الالكترونية Components

يندرج فى هذا الاطار عددا من المكونات نتناولها كما يلى:

(أ) الاضاءة المسرحية Theatering lights:

تلعب المسارح وبالتالى الاضاءة المسرحية دورا فعالا فى اظهار العمل الفنى وقدرات الطلاب وحيث تتجة الوزارة للتوسع فى هذا المجال فنضع بعضا من النقاط الهامة وهى

١- التأكد من ملائمة الزوايا الخاصة بالاضاءة لابعاد المسرح واماكن تركيبها.

٢- توصيل التيار بامان الى الاضاءة على الشواية وكذا محركات التشغيل بها.

٣- توفير اقراص حاسوب خاصة بالديمير للاستخدام وتخزين الاضاءة التصويرية لكل

مسرحية او حفل على حده اذا لزم الامر.

٤- الاعتماد على نوعيات الاضاءة التى يسهل التحكم فيها اليا من خلال الديمير.

٥- توفير عدد كاف من اللوحات اللونية اللازمة لتشغيل المسرح.

(ب) الانارة Illumination:

تتنوع الاغراض واسلوب انارتها مما يجعلنا نحتاج الى المتابعة المستمرة من خلال خطوات عديدة منها :

١- باستخدام جهاز قياس شدة الاضاءة يمكن التعرف على مدى تطابق مستوى الاضاءة مع الغرض المحدد.

٢- بالاستعانة بجهاز شدة الاضاءة يتحدد انخفاض المستوى الضوئى مشيرا الى ضرورة اجراء الصيانة للاضاءة سواء كانت النظافة او بعض المكونات فيها.

٣- يتحدد باستعمال جهاز الاضاءة هذا القدرة الاضائية اللازمة عند تعديل الاستخدام المكانى او عند التطوير.

(ج) دوائر انذار الحريق Alarm Fire System:

نظرا لأن التعامل فى المحافل الجماهيرية يخضع للعديد من القواعد وتزداد قيمتها اذا كانت ذات علاقة بالمدارس حيث الاطفال وصغار السن فتكون الحاجة الماسة لتواجد اسلوب انذار مبكر عن الحريق حماية لهم وللأجهزة والادوات والمعامل بها ولذلك نتبع عددا من المحاور الرئيسية فىهذا الشأن منها:

١- اختبار تشغيل الانذار الحريقى خطوة خطوة تباعا للتأكد من سلامة الدوائر.

٢- الالتزام بالمواصفات واتباع المحاذير لكل نوعية من الكاشف.

٣- التأكد من نظام الاطفاء الالى الخاص بالهوود فى المطاهى.

(د) المصعد Lifts:

عند التعامل مع الأبنية المرتفعة يتم تركيب المصاعد الكهربية وفى هذه الحالة نضع بعض الملاحظات وبعد التأكد من عدم مخالفة المواصفات أو قانون المصاعد فى هذا الشأن ومنها :

١-التأكد من سلامة تشغيل المحركات.

٢- مراجعة ترقيم جميع الاطراف والمطابقة مع الرسم واللوحات.

٣- تنفيذ كافة الاختبارات طبقا لقانون المصاعد.

٤- التأكد من وسائل الاتصالات بين الكابينة والخارج سواء الامن او الطوارىء.

٥- التأكد من تواجد وسائل الانذار الاساسية فى الكابينة وخارجها.

(هـ) الورش الصناعية Workshops

تعتبر الورش الصناعية الركيزة الاساسية فى المدارس الفنية مما يتطلب اهتماما بها اكثر وذلك من خلال:

١-يلزم التأكد من صلاحية المفاتيح المستخدمة لكل ماكينة او محرك.

٢- يجب التأكد من تواجد وسيلة الوقاية اللازمة وانها تعمل بنجاح.

٣- الالتزام بالتوصيل الجيد مع شبكة التأريض.

٤- تركيب محسنات معامل القدرة اذا ما اظهرت المتابعة ضرورة لها.

٥- مراجعة التوصيلات الكهربية الخاصة بكل المكونات داخل الورش.

(و) المحولات Transformers:

فى التجمعات السكنية الكبيرة أو التجمعات التعليمية أو المراكز التعليمية وغيرها نحتاج الى التعامل مع المحولات وبالرغم من ان صيانتها يتبع الشركات المختصة الا انه يلزم أن نتعرف على بعض الامور الهامة وهى:

١-معاينة المحولات ظاهريا والاطلاع على شهادات الاختبارات من المصنع.

٢- التأكد من سلامة عازلات الاختراق والوصلات الخاصة بها وكمية الزيت ومدى صلاحية السليكاجيل فى المنفس الخاص بخزان الزيت.

٣- وضع المحول على قضبان سكك حديد مع التأكد من الميل الهندسى فى عجلات المحول لسلامة عمل جهاز البوخلز بامان.

٤- يفضل اخذ عينات زيت من المحول واختبارها قبل التشغيل.

٥- يلزم اختبار جهاز البوخلز للتأكد من سلامته تشغيليا اذا ما حدث قصر.

ثامنا : اختبار التحميل الكهربى Loading test:

بعد الانتهاء من اعمال الصيانة يجب اتباع ما يلى لاعادة المعدة الى الخدمة:

١- توفير وسائل الامن الصناعى المختبرة طبقا للقواعد

٢- تواجد الافراد القادرة على استخدام وسائل الامن الصناعى عند الضرورة

٣- توصيل التيار الكهربى بدون احمال للمعدة

٤- المرور على كل المعدات بصفة مستمرة لمدة ساعة للتاكد من سلامة التشغيل .

٤-٣ : مراجعة اجهزة الاختبارات Instruments

وحرصا على تبسيط العرض فاننا بصدد الحديث عن كيفية مراجعة اجهزة الاختبارات الكهربية سواء الضخمة او الصغيرة ومعايرتها للتاكد من صحة النتائج ويكون الواجب هو الاداء الجيد والعمل المتقن وطبقا للاصول الفنية ونجول حول هذا المحور لنجد ما يستحدث وما يهمنا

بالدرجة الأولى للحصول على افضل النتائج والمخرجات من العمل المنشود .

١- التفتيش Inspection

وجدير بالذكر انه يتواجد على المستوى العالمى والمحلى المكاتب الهندسية المتخصصة فى اعمال التفتيش الهندسى والفنى ، اما بالنسبة لموضوعنا هنا فاننا نجول فى حدائق الشبكات الكهربية فى الابنية عموما لندرس سويا متطلبات اعمال الصيانة من اجهزة وملحقات فهى تتمثل فى ثلاث اتجاهات اصيلة الا وهى الخامات والمهمات والاجهزة ذاتها ولذلك يطول الحديث عن هذه الكلمات والتى سوف نوردها الان فى ايجاز شديد وبعمق هندسى مبسط لا يحتاج الى المجهود الذهنى او الدراسى او حتى المرجعى.

ويهمنا هنا ماهية الخامات والتى غالبا تنحصر فى الموصلات والعازلات فكلاهما مقننا بالمواصفات القياسية اما عن العازلات فمنها العديد والكثير وللجهود المتنوعة بينما خامات الموصلات محددة ولا تخرج عن سبائك الالومنيوم والنحاس وهما شائعى الاستخدام كما يمكن ان تتاح لنا الفرصة فى التعامل مع زيوت المحولات فى المشاريع الكبيرة ، وفى بعض الاحوال الخاصة نحتاج الى خام الحديد والصلب وخصوصا المجلفن منها لاستخدامها فى الابراج والتى تتكون من الخليط الاسمنتى خصيصا لها كما منها ما يستخدم زيوت المحولات مثل عازلات الاختراق السعوية كما فى الشكل رقم ٤-١٢ (ص٦٩) .

بالنسبة للمهمات فالمقصود بها تلك المهمات التى نحتاجها فى اعمال الصيانة وهى ذات طابع خاص حيث يمكن تصنيفها الى ثلاث هى:

* **اجهزة قياس** : وتشمل اجهزة قياس الجهد مثل محول الجهد الوارد فى الشكل رقم ٤-٢ (ص٦١) وقياس التيار من خلال محولات التيار كما فى الشكل رقم ٤-٣ (ص٦١) وقياس القدرة او الزاوية الكهربية بالجهاز المبين فى الشكل رقم ٤-٨ (ص٦٧) والمقاومة والسعة والحس والمعوقة والذبذبة بجانب الاجهزة الاخرى التى تعطى بيانا عن بعض القيم العددية للاستخدامات اليومية مثل جهاز قياس شدة الاستضاءة وجهاز قياس مقاومة الكسر الكهربى وجهاز قياس الزمن بدقة مثل المبين فى الشكل رقم ٤-١٠ (ص٦٩) وغيرهم من الاجهزة.

* **اجهزة الكترونية** : وتشمل داخلها اجهزة القياس الا انها استقلت عن نظيرتها لحساسية النظر فى البيانات الفنية لها لانها سوف تكون معيارا اساسيا للعمل ومطابقته للمواصفات ولذلك تأخذ الدرجة الاولى من الاهتمام باستقلالها وانفرادها هذا، اما عن الاجهزة الالكترونية عموما بعد هذا الاستقلال فتتمثل فى جميع الاجهزة المتداولة لخدمة الانسان فمنها العديد مثل الفيديو والتليفزيون واجهزة الحاسوب الالكترونى والمسجل والمذياع والساعة الالكترونية كتلك فى الشكل رقم ٤-١٠ (ص٦٩) والمكبرات والموحدات ومنظمات الجهد وغيرهم وهى تتقارب معا وتتباين مواصفاتها الفنية ويكون الاختلاف بين هذه المواصفات قليلا وقد يزيد الاختلاف الاستخدامى

او يقل وهنا تأتى اهمية المدلولات والتسهيلات فى التزويد بقطع غيار او اضافة الاجهزة المساعدة لها.

٢- المعاينة Viewing

تمثل المعاينة محور العمل الصيانى للكشف عن السلبيات وطلب التحسينات الهامة اللازمة للتطبيق حتى يكتمل العمل وليكون مطابقا للمواصفات القياسية فى هذا الشأن وتعطى المؤشرات المتتالية للمعاينات المتتابعة بيانا بمدى التقدم والتطور الفعلى لاتباع المواصفات ومدى الالتزام بها وجودة العمل.

(أ) المعاينة الظاهرية EXTERNAL

يخضع هذا المحور للكثير من المهام والتى يجب ان تكون ممثلة للجبهة العسكرية كخط اول مباشر الا اننا هنا لسنا فى حرب ولكننا ناقدين للذات ولابد وان نستفيد من كل رأى له مدلولات صحيحة ومؤكدة او اى منهما وخصوصا وان العمل الهندسى يتم طبقا لخطة مسبقة ومدروسة ويكون التنفيذ مراجعا لهذه الدراسة من اجل اظهار العيوب التى تولد مع التنفيذ الفعلى وجدير بنا ان ننوه عن اهمية المعاينة الظاهرية لكل الاجهزة ومدى مطابقتها للمواصفات الفنية المحددة قبلا بصورة رسمية وعلى ضوء ذلك يتم التعامل معها بعد الكشف عن العيوب الظاهرية.

(ب) اعمال التدقيق ACCURATING

يمثل هذا المحور بعض الحالات الخاصة جدا والتى قد لا تتكرر الا نادرا وفيها يتم التأكد من كافة البيانات ونوعية المكونات قطعة بعد أخرى وهى من الاسس اللازمة والضرورية عند ظهور اى من المسببات التى قد تعنى الاهمال سواء اثناء التخزين او الاستعمال او التشغيل العادى للبعض منها واذا ما تركت سدى فنلحق بها الضرر وقد ينطوى عن اخطار فى الحالات الطارئة.

٤-٤: الامان الصيانى MAINTENANCE SAFETY

تتلخص عملية الامان الصيانى فى الاجراءات الواجب توافرها او تلك المطلوب اتباعها لاجراء العمل الصيانى وتختلف هذه العملية للمعدات والمهمات تبعا لجهد التشغيل حيث عادة يتم تنويع هذه المهمات الى قسمين، الاول لتلك ذات الجهد العادى وهو جهد الاستهلاك والذى يعادل ٢٢٠ فولت او ٣٨٠ فولت او حتى تلك التى تصل الى ١ ك.ف اما النوع الثانى فهو ذلك الجهد الاعلى من ذلك نتيجة الخطورة التى تظهر من الاقتراب من هذه الجهود الاعلى وبالرغم من ذلك تتنوع هذه العملية ايضا داخل هذا النطاق ولكن فى حدود بسيطة ويهمنا هنا ان نوضح عملية الامان الصيانى للجهود جميعا بما فيها الجهد الفائق لانه يعطينا الصورة الاشمل عن المغزى وراء هذا الامان.

من المفترض الا تتم ايه اعمال بدون اتخاذ اجراءات الامان الصيانى ويمنع كل من لا يحصل على

اذن كتابى من المدير المسئول عن الموقع واذا كانت هناك ضرورة ملحة لاجراء عمل ما دون ان تتوافر الاجراءات الخاصة بالامان الصيانى فلابد من الحصول على اذن كتابى فى هذا الشأن تحديدا . كما انه من المبادىء الاولية فى هذا المجال حفظ كافة المفاتيح الخاصة بالحجرات والكوالين للاماكن التى بها مهمات كهربية فى لوحة واحدة بواجهة زجاجية لكسرها عند اللزوم وتكون هذه المفاتيح مجمعة ومرتبة ومرقمة.

من الهام ايضا ايضاح انه من الاسس الجوهرية هنا ان يمنع اى فرد من العمل بمفرده فى اعمال الصيانة الكهربية على وجه العموم حيث انه لا يجب ان يقل عدد العاملين فى الصيانة الكهربية بالموقع الواحد عن اثنين كما ان الاعمال الصيانية قد تتم على المكونات فى الشبكة الى قسمين هما:

١- اجزاء فصل عنها التيار تلقائيا وهذه من الحالات الخطره عند التعامل لانه لابد من اتخاذ كافة الاجراءات لمنع التوصيل اثناء اجراء العمل الصيانى.

٢- اجزاء تحت الجهد وهى قد تتبع ظروف متباينة فمثلا.

* فصل كامل للتيار عن الموقع واتخاذ اجراءات التأريض المحلى اليدوى اثناء العمل الصيانى.

* فصل جزء للتيار بموقع الصيانة او العمل تحت الجهد مباشرة وهنا تتخذ الاجراءات المناسبة.

اولا : التعليمات INSTRUCTIONS

هناك من التعليمات درجات متنوعة فمن الممكن ان تعتمد على نوعية المهمات او الجهد ذاته او حتى على الافراد القائمين بالعمل ولذلك نأخذ هذه التعليمات تبعا لما يلى:

(أ) نوعية الافراد PERSON KIND

يجب ان تتوافر الشروط التالية فى الافراد العاملين فى الصيانة الكهربية وخصوصا فى الضغط العالى:

١- اجتياز الكشف الطبى اللازم.

٢- تعلم اجراءات الاسعافات الاولية وخاصة التنفس الصناعى ومعالجة الحروق.

٣- انهاء فترة التدريب المحددة قبل تحمل المسئولية.

ويقدم الجدول (رقم ٤-٤) المسافات البينية الادنى التى يلزم فصل التيار عنها اذا كان الجهد العالى المحدد يعمل بها بالقرب من موقع العمل.

اضافة الى ذلك تتحدد بعض النقاط الجوهرية للاسعافات الاولية للمصابين فى الحوادث الكهربية مثل :

جدول رقم ٤-٤: ادنى اقتراب من اسلاك الجهد العالى

الجهد (ك.ف.)	المسافة الادنى (سم)	الجهد (ك.ف.)	المسافة الادنى (سم)
١٥	٧٠	٢٢٠	٣٠٠
٣٥	١٥٠	٥٥٠	٥٠٠
١٣٢	٢٠٠		

١- يفصل الجزء الملامس للمصاب.

٢- تستعمل ملابس جافة او جوانتى جاف لملامسة المصاب.

٣- يمكن الاستعانة بسلك معدنى لعمل قصر على المغذى الذى عليه المصاب ولكن فى مكان بعيد عنه حتى لا يصاب من الشرارة الكهربية الناتجة من اجل فصله اوتوماتيكيا اما بعد ابعاد المصاب عن التيار الكهربى فيجب اتخاذ الاسعافات كما يلى:

١- يوضع المصاب على ظهره فوق سطح يفضل ان يكون صلبا.

٢- التأكد من وجود النبض بلمس العرق الدموى فى المعصم او بحركة الصدر وفى حالة عدم وجود نبض يتم النفخ فى فمه (مع اغلاق انفه) ثلاث مرات ويوضع شاش على فم المصاب قبل النفخ مع تدليك القلب (بمعدل ٦٠ - ٨٠ مره فى الدقيقة) تبادليا مع النفخ الذى يكون بمعدل ١٢ مره فى الدقيقة (يفتح انفه عند الزفير).

٣- التأكد من اتساع عين المصاب (اتساع العين يعنى وصول ضعيف للدم الي المخ).

٤- تحول لون الوجة من الازرق الي الوردى يعنى اعادة مظاهر الحياه الى المصاب اضافة الى تضييق آلى لعين المصاب.

وتتنوع الشروط فى الافراد تبعا لنوع العمل المطلوب اجرائة ففى حالة القيام بالاختبارات الكهربية يلزم مايلى:

١- التدريب على قواعد الامن الصيانى.

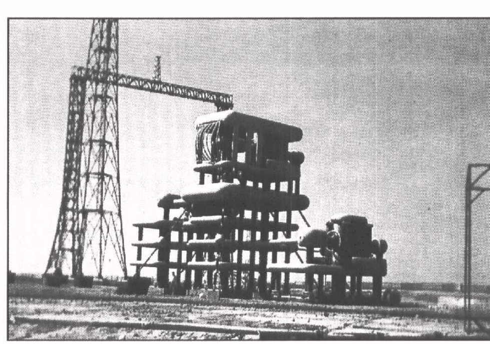
٢- التدريب على الاختبارات الفترة اللازمة.

٣- تحديد قائمة باسماء السادة المهندسين الذين لهم حق اجراء الاختبارات بعد اجتيازهم الاختبارات اللازمة.

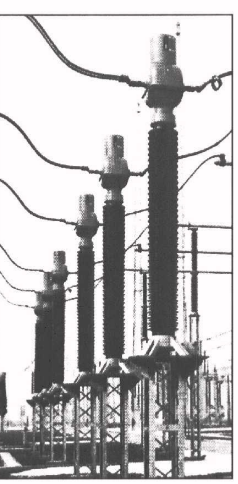
(ب) نوعية المهمات EQUIPMENT TYPE

يجب ان تتوافر الشروط التالية:

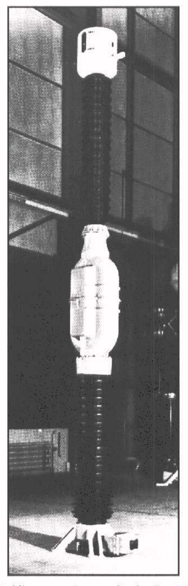
١- فصل الدائرة يكون مرئيا وواضحا للعين المجردة ولا يعتد بفصل المفتاح فقط لانه من المحتمل ان يعمل تلقائيا لاى سبب عن ارادتنا حتى وان كان امامنا.



الشكل رقم ٤-١ : منظر محول الجهد الفائق بمركز الجهد الفائق بمصر

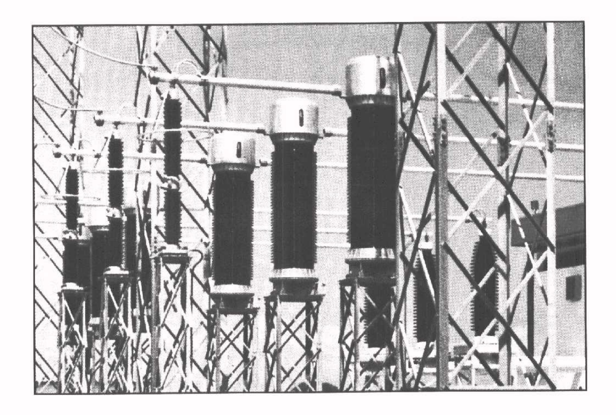


الشكل رقم ٤-٣ : محول تيار جهد ٤٢٠ ك ف

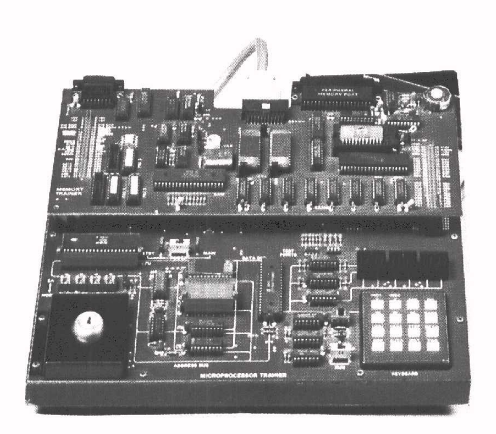


الشكل رقم ٤-٢ : محول جهد ٤٢٠ ك ف





الشكل رقم ٤-٤ : ثلاثة مفرغات شحنة أمام محولات التيار



الشكل رقم ٤-٥ : منظر عام لدائرة متكاملة **Integnated Circuit**

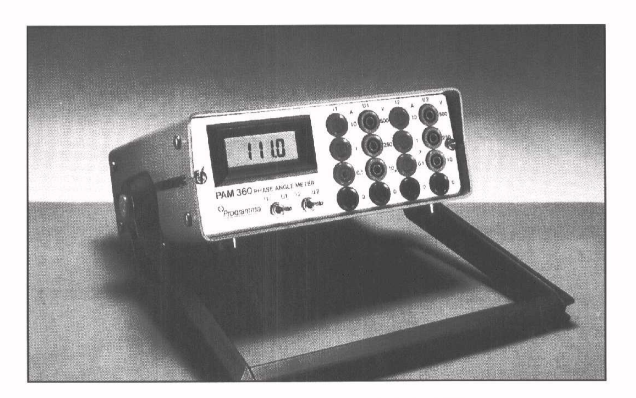


الشكل رقم ٤-٦ : معمل اختبارات
في موقع العمل

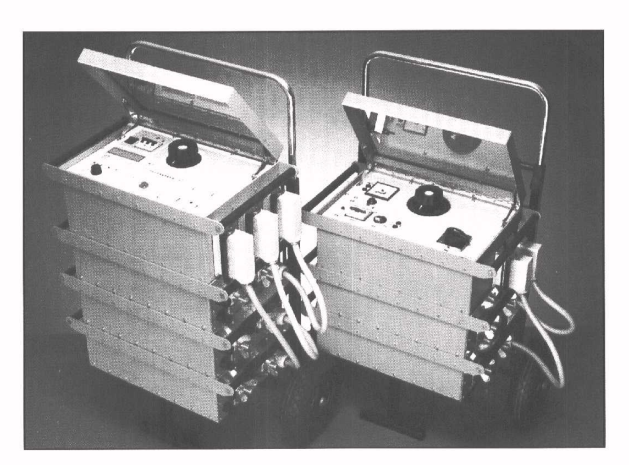


الشكل رقم ٤-٧ : كيفية ربط أطراف الأسلاك في اتجاه الربط



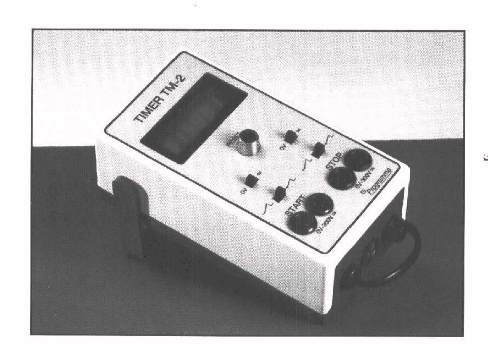


الشكل رقم ٤-٨ : جهاز قياس الزوايا ومعامل القدرة

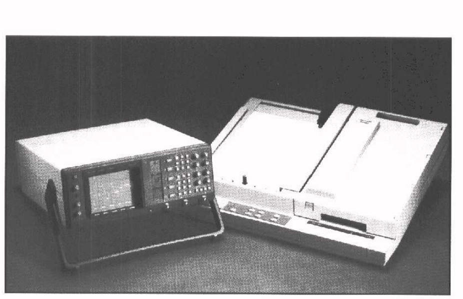


الشكل رقم ٤-٩ : جهاز بث التيار المعملى

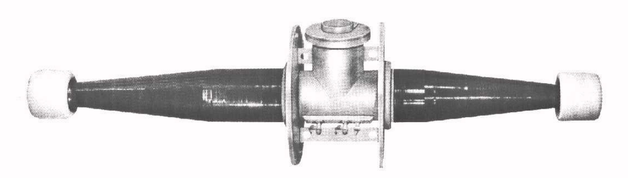




الشكل رقم ٤-١٠ : جهاز رقمى لقياس الزمن



الشكل رقم ٤-١١ : منظر عام لاسلوسكوب ومعه الراسم



الشكل رقم ٤-١٢ : عازل أختراق من النوع السعوي



٢- استخدام العلامات الارشادية والتحذيرية.

٣- وضع ارضى على جميع مواقع العمل الصيانى اثناء العمل ويرفع بعد الانتهاء منه نهائيا مره واحده.

٤- منع احتمال التوصيل الخاطىء بكل السبل الهندسية.

٥- الاعتماد على العصا العازلة فى اختبار التأكد من عدم وجود جهد مثل لمبة البيان فى الجهد ٢٢٠ف.

ثانيا : الاوامر التشغيلية WORK ORDERS

من الواجب تحرير محضر بالعمل الصيانى قبل البدء فيه ويتحدد فيه مايلى:

١- اسم الموقع

٢- مصدر الامر

٣- المسئول عن العمل

٤- نوع العمل تحديدا من الناحية الهندسية

٥- وقت بدء العمل وكذلك زمن الانتهاء منه

٦- كيفية اجراء العمل (تحت الجهد - بدون - فصل جزىء).

٧- اسماء الفريق الصيانى كاملا وايه تغييرات فيه.

٨- التوقيع من المسئول عن العمل والاعتماد من المدير المسئول.

جدير بنا ان نتعرض الى العمل دون الحاجة الى تحرير امر تشغيل هى حالات محددة ويمكن حصرها كما يلى:

١- اعمال التشغيل السريعة من فصل او توصيل مغذيات محلية.

٢- اعمال النظافة (لوحات التحكم - لوحات التوزيع - الاضاءة - المهمات المغلفة والمعزولة جيدا)

٣- اعمال الاختبارات التحليلية مثل اخذ عينات الزيت من المحولات والتحقق من اجهزة القياس.

على الجانب الاخر نجد انه من المحظور مايلى:

١- استخدام السلالم المعدنية الطويلة.

٢- حمل ايه اشياء طويلة.

٣- وضع السلالم على اسطح ارضية ملساء.

٤- وصل السلالم بالحبال.

٥- قذف الاشياء الى اعلى ليتناوله العاملون

٦- العمل فى ظروف جوية غير طبيعية (خطره)

الفصل الخامس

المواصفات الهندسية للمحولات

٥-١: البيانات الفنية

٥-٢: منظم الجهد

٥-٣: اجزاء المحول



المـواصفــات الـهـنـدسيـــة للمحــــولات

ENGINEERING SPECIFICATIONS OF TRANSFORMERS

تعتمد اعمال صيانة المحولات بالدرجة الاولى على فهم ماهيه المحول وكيفية ادائه بالاضافة الى عددا من المعلومات الهامة وتشمل حجم المعده والاجزاء الداخلة فى تركيبة الداخلى والخارجى وحدود تشغيله وما هى الاعمال اللازمة لعمله بكفاءة عالية ، خصوصا وأن المحولات عادة تعمل ٢٤ ساعة يوميا وبلا انقطاع لعده سنوات . ومن المعروف ايضا ان محولات القدرة (القوى) تتباين بشكل واسع من صغيره جدا تعمل على جهود بسيطة بدءا من ١,٥ فولت بقدرات منعدمة تقريبا مثل المستخدمة مع المذياع وتتدرج الى جهود ٣ ، ٤,٥ ، ٦ ، ٩ ، ١٢ فولت وترتفع قليلا الى محولات ٢٢٠/١١٠ فولت لتغذية دوائر التوحيد الكهربى في المعامل ثم الى ٣٨٠ فولت لتغذية الاحمال الكهربية المطلوبة.

تقوم المحولات بنقل الطاقة من جهد الى اخر عبر ملفين مختلفى الجهد اما محولات الجهد العالى فتواجة الطاقات الضخمة ولذلك قد نصل الى نقل القدرة بين ثلاث جهود باضافة جهد ثالث (ملف ثالث) وعادة ما تكون ملفات الأوجه الثلاثة فى توصيلة دلتا خصوصا اذا كانت الملفات الاساسية بتوصيلة (نجمة / نجمة) للاسباب التالية:

١- انها مغلقة على نفسها ولا تتصل بالارض Isolated closed circuit

٢- تسمح بزيادة قيمة تيار الخطأ المتجة الى الارض Earth leakage current

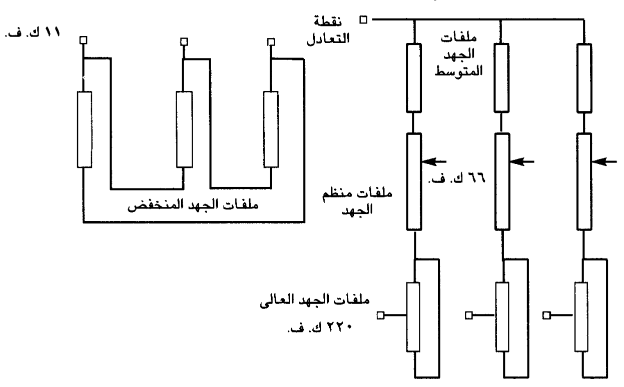
٣- تظهر قيمة التيار الصفرى بصورة اوضح اثناء التشغيل zero sequence

٤- تعمل على عزل وتخفيض قيمة التوافقيات فى جهد الشبكة harmonics

٥- تساعد على إتزان جهد الشبكة عند القضبان حتى فى حالة الحمل الثلاثى غير المتزن أو غير المتماثل كما ان المحولات الصغيرة لا تحتاج الزيت وبالتالى لا يتواجد بها زيت المحولات ولكن مع زيادة القدرة وارتفاع الجهد الى ١١ك. ف. يصبح زيت المحولات ضروريا مثل محولات التوزيع ويصل فيها الجهد الى٣٣ك. ف. وبارتفاع الجهد الى ٦٦ك. ف. ويمكن الرجوع الى الشكل رقم٥-١(ص٨٧) حيث يتضخم الحجم عند الجهد الاعلى حتى ٤٠٠ك. ف. كما هو مبين فى الشكل رقم ٥-٢(ص٨٧) حيث يعرض محولا بقدرة ٦٠٠م.ف.ا. جهد ٤٢٠/٢٤٥ك.ف. وهو ما يعنى ان المحول يحتاج الى حجم اكبر لتوزيع الملفات والقلب الحديدى وكميات الزيت بداخله الى ان نصل الى الجهد ٥٠٠ك.ف. فيصبح الحجم غير طبيعى وغير عملى فيتحول المحول ثلاثى الاوجه الى ثلاث محولات وحيدة الطور (محول لكل وجه) مثل ما هو موضح فى الشكل رقم ٥-٣(ص٨٩) ونرى فيه محول وحيد الطور بقدرة ١٠٠٠ م.ف. آ. . جهد ٧٦٥/٤٢٠ك.ف. وفيه تظهر اطراف عازلات الاختراق .

٥-١: البيانات الفنية TECHNICAL DATA

نعبر عن معدة ما من خلال بعض المعلومات المبينة والمحددة له وتلك المعلومات معا تعرف باسم البيانات الفنية وبالنسبة للمحولات فهذه البيانات تتباين فى نطاق واسع ولذلك نضعها فى اربعة مجموعات ونستند الى البيانات التى تخص المثال المحدد لهذا الكتيب لزيادة الايضاح وكل الارقام التى سوف ترد لاحقا فهى تخص النموذج المحدد ويوضح الشكل رقم ٥-٤ الرسم الكهربى لشكل الملفات لهذا النموذج .



الشكل رقم ٥-٤: دائرة الملفات لمحول ذاتى ١١/٦٦/٢٢٠ك.ف.

اولا: مجموعة البيانات العمومية GENERAL DATA

تشمل البيانات العامة واطار التشغيل لاستيعاب الضروريات الاولية للتجهيز الصيانى وهى تهم ايضا اعمال التشغيل والمتابعة والدراسات الفنية وهى:

١- الطراز Type

٢- رقم المصنع Plant No

٣- رقم امر التصنيع Order No

٤- تاريخ الصنع Date

٥- القدرة المقننة Rating فى المثال ١٢٥ / ١٢٥ / ٣٠ م.ف.آ.

٦- الجهد المقنن Rated Voltage فى المثال ١١/٦٦/٢٣٠ ك.ف.

٧- التيار المقنن Rated Current فى المثال ١٥٧٣/١٠٩١/٣١٤ امبير

٨- الذبذبة Frequency فى المثال ٥٠ هيرتز

٩- رقم مجموعة الملفات Winding Group فى المثال اوتوستار دلتا ١١

١٠- حدود الجهد Voltage Limits فى المثال (جهد متوسط + ٦ × ٢ ٪)

١١- نوع العزل Insulation Type

١٢- اسلوب التبريد colling System فى المثال جبرى ودورانى

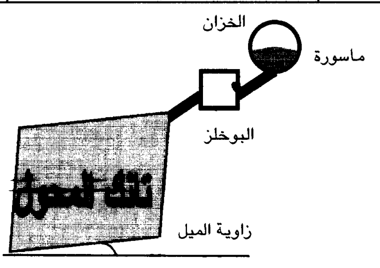
١٣- عمر المحول Age فى المثال ٦٥ سنه.

ثانيا: مجموعة بيانات الوزن WEIGHT DATA

تتعلق الاوزان بعمليات التحميل والنقل والانزال والرفع الميكانيكى وكذلك الجر فى كثير من الحالات وانها لابد ان تتحدد لكل جزء منفصل وللمجموعة وللكل ويبين الجدول رقم ٥-١ هذه الاوزان للمثال الوارد.

جدول رقم ٥-١: بيان بالاوزان التفصيلية لاجزاء المحول

اسم الجزء	الوزن (طن)	اسم الجزء	الوزن (طن)
القلب والملفات	١١٧	التانك وملحقاته	١٦٥
الزيت الكلى	٦٥	مبردات بلا زيت	٢٧,٢
وزن النقل	١٣٦	غطاء المحول	٩,٥
الخزان	٠,٦٦	وحدة مبرد	٤,٠٢٢
محولات تيار ٦٦	٠,٤٣٥	السلم	٠,٩٥
محركات منظم جهد	٠,٢	لوحة تحكم تبريد	٠,٣٢٢
العجلات	٠,٣٠٣	زيت المبردات	١٣,٤٨
صندوق نهايات	٠,٤٥٥	زيت محولات تيار	٠,٣٧٢
منظم الجهد	٠,٨٧٠	الوزن الكلى	٢٠٠



الشكل رقم ٥-٥: رسم توضيحى لزاوية ميل المحول

يجب مراعاة بعض التعليمات التحذيرية عند التعامل فى اعمال النقل والتركيب والجر والرفع حتى يكون العمل على اعلى مستوى من الكفاءة وتتلخص فى اربع نقاط:

١- يلزم التأكد من جودة التربيط على كل المسامير قبل عملية النقل.

٢- يجب استخدام كواريك هيدروليكية مناسبة لرفع المحول.

٣- يلزم التأكد من وجود زاوية ميل المحول عن سطح الأرض بقيمة ١-٢ درجة فى اتجاة البوخلز قبل التشغيل (الشكل رقم ٥-٥) وذلك للتأكد من ان كل الغازات المتواجدة داخل تانك المحول لابد وان تتجة الى الماسورة المؤدية الى جهاز البوخلز.

٤- يلزم التأكد من سلامة تثبيت مواسير التبريد الطويلة ومثيلاتها.

ثالثا: مجموعة بيانات الحمل الكامل FULL LOAD DATA

التعرف على مقننات المحول من اهم المعلومات الضرورية للمهندس ويبين الجدول رقم ٥-٢ هذه المقننات فى حالة استخدام المحول رافعا او خافضا للجهد حيث يبين ان هناك اختلافا بين الحالتين بينما نرى انه يمكن استهلاك كل القدرة اذا ما كانت من ملفات الجهد المنخفض هى المساوية لقدرتها فقط فى اى من الملفات الاخرى وهذا يعنى انه لا يمكن ان تسحب ملفات ١١ك.ف. اكثر من المقنن كما ان درجة حرارة الملفات تكون ٥٠ درجة مئوية بينما تكون للسطح العلوى للزيت عبارة عن ٢٧ فقط مع احتمال نسبة ١٠ زيادة نتيجة المجال المغناطيسى.

جدول رقم ٥-٢: بيانات الحمل الكامل لمحول ١٢٥ م.ف.أ.

الحالة	البيان	التغذية من الجهد	الخروج الى الجهد	
الاولى	اطراف اقصى جهد اقصى تيار اقصى قدرة	العالى ٢٢٠ ٢٥٢ ك . ف. ٣٥٥ امبير ١٢٥ م.ف.أ	متوسط ٦٦ ٧٢,٥ ك. ف. ٨٥٠ امبير ٩٥ م.ف.أ	منخفض ١١ ١١,٥ ك. ف. ٩٠٩ امبير ٣٠ م.ف.أ
الثانية	اطراف اقصى جهد اقصى تيار اقصى قدرة	المتوسط ٦٦ ٧٢,٧٥ ك. ف. ٨٥٠/ ١١٦٤ امبير ١٢٥ م.ف.ا	عالى ٢٢٠ ٢٥٢ ك . ف. ٣٥٥ امبير ١٢١ م.ف.أ	منخفض ١١ ١١,٥ ك. ف. ٩٠٩ امبير ٣٠ م.ف.أ

اما التحميل الزائد المقنن المسموح به فى الجدول رقم ٥-٣ منسوبا الى القدرة المقننة بنسبة مئوية ويكون مسموحا به فى الحالات الطارئة وليس بصفة منتظمة وكذلك المقننات المسافية القياسية بين الاوجة واطراف الملفات وعازلات الاختراق تحظى باهتمام بالغ كما نجدها بالنسبة لعازلات الاختراق فى الجدول رقم ٥-٤ وفى الحقيقة هذه المسافات قياسية وان كان هناك تفاوت قليل فى قيمتها حسب النظم القياسية (امريكى - انجليزى - فرنسى - المانى - دولى).

جدول رقم ٥-٣: السماح الزمنى بالتحميل الزائد على المحول فى الظروف الطارئة

الحالــــة	النسبة المئوية للتحمل والزمن الاقصى المسموح					
التحميل الزائد (٪)	٣٠	٤٥	٦٠	٧٥	١٠٠	٢٠٠
الزمن المسموح (دقيقة)	١٢٠	٨٠	٤٥	٢٠	١٠	١,٥

جدول رقم ٥-٤: بيانات المسافات البينية بين الاوجة

الموضــــــوع	مسافة فعلية (متر)	اقل مسافة مسموح بها (متر)
بين اوجه عازلات اختراق ٢٢٠ ك.ف.	٢,١٦	١,٧
بين وجه عازل اختراق ٢٠٠ ك.ف. والارض	٣,١٥	١,٧٥
بين اوجه عازلات اختراق ٢٢٠ ، ٦٦ ك.ف.		١,٧
بين اوجه عازلات اختراق ٦٦ ك.ف.	٢,١٦	٠,٤٤
بين اوجه عازلات اختراق ٦٦ ك.ف. والارض		٠,٤٦
بين اوجه عازلات اختراق ١١ ك.ف.	٠,٤٥	٠,١٢٥
بين عازلات اختراق ١١ ك.ف والارض	٠,٥٥	٠,١٢٥
بين نقطة التعادل والارض		٠,٣٤
بين نقطة التعادل واطراف ١١ ك.ف.	٠,٥٥	٠,٣٤

رابعا: مجموعة البيانات الاختبارية TESTING DATA

تنقسم هذه المجموعة من البيانات الى عده انواع ولكنها من حيث المبدأ تشمل الاختبارات اللازمة بعد اجراء الصيانة الجسيمة كانت او روتينية ومن هذه الاختبارات تلك المجدولة فى الجدول رقم ٥-٥ حيث نرى نتائج اختبارات التحميل (القصر واللاحمل والحمل الخفيف) .

جدول رقم ٥-٥: اختبارات التحميل لمحول ١٢٥ م.ف.أ.

نوع الاختبار	البيـــــان	الملفـــات	حسابيا	القراءة
القصر Short circuit	الجهد (٪)	قصر بين ٢٢٠ ، ٦٦ قصر بين ٢٢٠ ، ١١ قصر بين ٦٦ ، ١١	٩,٨ + ١٠ ٢٥ + ١٠ ١٤,٢ + ١٠	٩,٦٦ ٢٤,١ ١٣,٩
	الفقد (م.ف.أ.) Loss	قصر بين ٢٢٠ ، ٦٦ قصر بين ٢٢٠ ، ١١ قصر بين ٦٦ ، ١١	١٢٥ ١٢٥ ١٢٥	٣٧٤ ٩٠ ٧٥
اللاحمل no load test	التيار (٪)		١,٠٤	٠,٤١
	الفقد (ك.و.)		١٤٩,٥	١١٤,٠
الحمل الخفيف تيار (أ) / فقد (و) ٣٨٠ف ، ٥٠ هيرتز	تغذية بين B, C تغذية بين A, C تغذية بين A, B	قصر على A فقط قصر على B فقط قصر على C فقط		٠,٥ / ١٠٥,٦ ٠,٧٨ / ١٠٦,٦ ٠,٤٧ / ١٠٣,٥

والجزء الاخر من الاختبارات الهامة يخص العزل الكهربى سواء باستخدام الميجر ٢.٥ ك.ف. او لزاوية الفقد العزلى (جدول رقم ٥–٦) حيث يجرى اختبار زاوية العزل فى المعمل بينما اختبار الميجر يمكن ان يتم فى الموقع ، كما يراعى تأريض جميع الملفات غير المختبره اثناء اجراء الاختبار ويكون التأريض مع جسم وتانك المحول كى نحصل على القراءات الصحيحة ويقصد بقيمتى (R60 , R15) قراءة الميجر بعد مرور ١٥ ، ٦٠ ثانيه على التوالى من بداية تشغيل الجهاز.

جدول رقم ٥–٦: نتائج اختبار العزل الكهربى لملفات المحول (المقاومة بالاوم)

الملفات للجهد	عند ٢٤ درجه مئوية			عند ٥٧ درجه مئوية			جهد اختبار زاوية العزل (ك. ف.)
	R60	R15	ظل الزاوية	R60	R15	ظل الزاوية	
عالي	٢٦٠	١٥٠	٠.٧ ٪	٧٥٠	٤٥٠	٠.٣ ٪	١٠
منخفض	٤٢٠	٢٠٠	٠.٧ ٪	١٢٠٠	٣٥٠	٠.٣ ٪	١٠
متوسط + منخفض	٢٠٠	١٤٠	٠.٧ ٪	٦٥٠	٣٣٠	٠.٤ ٪	١٠

ونجد فى(الجدول رقم ٥–٧) بعض انواع الاختبارات المستخدمة لقياس عزل المحول والتى تبين الاختبارات الخاصة المعملية لتحديد مستوى العزل العام او المحدد لجزء معين فى المحول ونلاحظ استخدام الموجات المعتادة منخفضة الذبذبة ٥٠ هيرتز بجانب الموجات النبضية بنوعيها ذات الموجة الكاملة بالذيل والاخرى المقطوعة قبل الوصول الى نهاية الموجة بالذيل ولها التوقيت الزمنى بمقدمة ١,٥ ميكروثانية ومؤخرة بطول زمنى قدره ٤٠ ميكروثانيه.

جدول رقم ٥–٧: انواع الاختبارات المستخدمة لقياس عزل المحول

الجهد (ك.ف)	طرف الملف	جهد الاختبار العادى (ك.ف)	الجهد الوميضى ١,٥/٤٠ ميكروثانيه	
			موجة كاملة	موجة مقطوعة
عالى (٢٠٠)	الخط نقطة التعادل	٣٦٠ ٨٥	٨٢٥ --	٩٥٠ --
متوسط (٦٦)	الخط نقطة التعادل	١١٥ ٨٥	٢٤٥ --	٢٨٠ --
منخفض (١١)	الخط نقطة التعادل	٣٥ --	٨٠ --	٩٠ --

٥ – ٢ : منظم الجهد TAP CHANGER

يعتبر هذا الجزء من اخطر ما فى المحول من مكونات لتلبية احتياجات المستهلكين لان منظم الجهد (يسمى احيانا مغير الجهد) يستطيع تعديل قيمة الجهد على اطراف الشبكة ليظل مقننا باستمرار فعندما ينخفض جهد الشبكة لدى المستهلك نحتاج الى رفعة الى الحدود الفنية المناسبة للتشغيل وعادة ما يزيد الاستهلاك تبعا لمنحنى الحمل اليومى وهو الامر الذى يشير الى اهمية

تواجد منظم الجهد فى المحولات بشكلها العام كما نراها فى الشكل رقم ٥-٤ وهذا المنظم يندرج فى نوعين هما:

١- غير آلى(يدوى) MANUAL

٢- آلى AUTOMATIC

اما عن منظم الجهد اليدوى (غير آلى) فهو ذلك المنظم الذى نعرفه بمغير الجهد اللاحملى وهو ما لا يمكن تشغيله تحت الحمل ولابد من فصل الجهة التى عليها هذا المنظم عن الشبكة ومن ثم يتم التغيير المطلوب ويعاد تحميله، وفى بعض الاحيان يقع هذا المنظم فى منطقة فوق سطح المحول بحيث يلزمنا الفصل الكامل للمحول حتى نصل الى مكان التغيير لاتمام المطلوب وهذا عادة ما يصاحب محولات التوزيع او القدرة حتى ٣٣ ك.ف ٠

منظم الجهد الآلى يعرف بالمنظم الحملى ON LOAD TAP CHANGER كما نراه فى الشكل رقم ٥-٦(ص٨٩) للجهد ٦٦ ك.ف ، ٢٠٠ آمبير + ٨ × ١,٢٥ ٪ وهذا النوع يتم تشغيله تحت تأثير الحمل ولا نخشاه ولذلك فانه يحتاج الى محرك خاص للتحكم فى النقل بدقة بين الاطراف لمنع التواجد الشرارى ويلحق به الاتى:

١- محرك كهربى.

٢- دائرة تحكم فى خطوة التشغيل

٣- اجهرة تحكم فى المحرك ومشوار تشغيله

٤- مبين للوضع الفعلى لطرف المنظم وتاكيد تلامسه من عدمه

٥- عداد لتحديد رقم نقطة التلامس

٦- مدى تلامس اطراف التشغيل مع ملفات المنظم لملاحظة التشغيل المتوازى

٧- التحكم الالى فى نقل الحركة

٨- نقطة تحكم لاختبار التشغيل من الموقع

٩- صندوق اطراف التوصيلات

يحدد الجدول رقم ٥-٨ البيانات الفنية لمغير الجهد عامة وما يخص الناحية الفنية .

جدول رقم ٥-٨: البيانات الاساسية لمغير الجهد

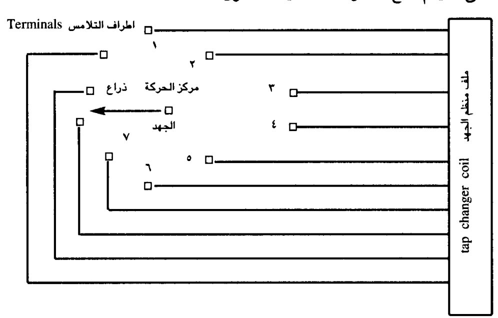
بيانات عامة	بيانات تخصصية
النوع رقم التعاقد رقم المحول رقم امر التصنيع رقم مسلسل الوزن الكلى ٥٧٠ كجم جهد ٦٦ ك.ف.	تيار (مقنن / متوسط / اقصى / حرارى / ديناميكى) (١,٦/١,٠٩/١,٢٥/٣٧/٧٨ ك.أ.) فرق جهد الخطوة ٩٦٠ ف. مقاومة النقلة ٣,١ اوم فترة النقلة ٦٢ - ٧٨ ميلى ثانية اختبار مسافة العزل البينية ١٨٥ ك.ف./ ٥٠هيرتز عدد الخطوات ١٢ خطوه

وتظهر اهمية لقيمة الضغط الميكانيكى بين اطراف التوصيل من المنظم وملفاته لتمنع التواجد الشارى ويقدم الجدول رقم ٥-٩ قيمة الضغط المقنن لاطراف منظم الجهد ٦٦ ك.ف.

جدول رقم ٥-٩: بيانات الضغط الميكانيكى لاطراف منظم الجهد

الضغط pressure (كيلو باوند)	الطرف المتحرك moving contact		اطراف المفتاح			التلامس مع التانك
	اثناء المشوار	نهاية المشوار	اساس	احتياطى	وصله	
قيمة دنيا شدة العزم	٧,٢ ٤,٣ - ١٥٪	٩ -	٥,٥	٢	٣	١٨

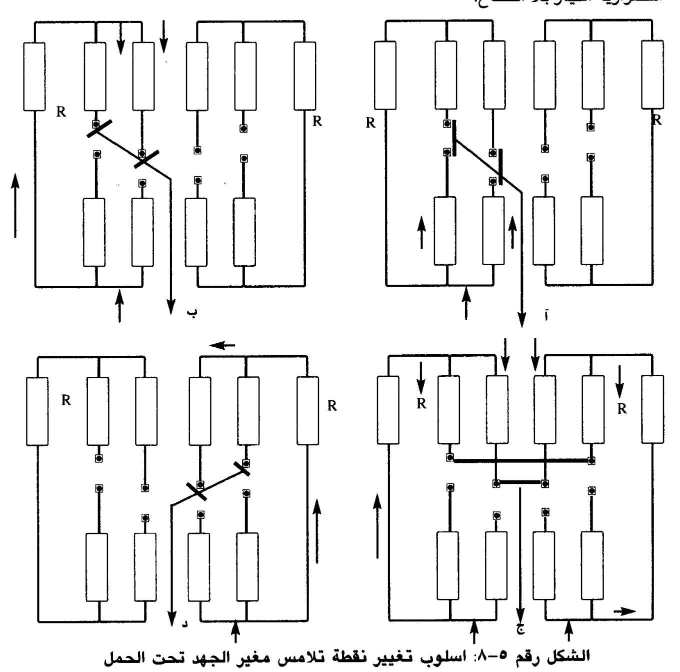
اما عن كيفية ترتيب اطراف منظم الجهد فنراها مبسطة فى الشكل رقم ٥-٧ فهى مرتبة فى حلقة دائرية يمر عليها ذراع المغير ليحدد الجهد الخارج الى اطراف الجهد المتوسط للمحول جهة ٦٦ ك.ف. والمبين من قبل فى الشكل رقم ٥-٤ ونضيف ايضا ان الفارق بين مغير الجهد اللاحملى والحملى ينطوى على الاسلوب الوارد فى الشكل رقم ٥-٨ حيث انه يكون الطرف المتحرك للمغير اللاحملى عبارة عن قطعة معدنية بقدر مساحة التلامس لامرار التيار المقنن اما فى المغير الحملى on load فنجد ان هذه القطعة الصغيرة قد اصبحت قوسا دائريا كى يغطى النقطة التالية او السابقة حتى لا يتم فتح الدائرة الاساسية للمحول.



الشكل رقم ٥-٧: ترتيب اطراف مغير الجهد فى شكل حلقى يمر عليها الذراع المتحرك

بهذا ينتقل الطرف من النقطة الاولى فى الوضع رقم (١) بالرسم ويبدأ الحركة فيترك النقطتين الاولتين ويتحمل على النقطتين التاليتين لنفس النقطة كهربيا وبذلك لا ينقطع التيار بل يقل بنسبة تواجد المقاومة R ومن ثم يستمر فى الحركة فيصل النقطة التالية الشبية للطرف التالى من ملفات مغير الجهد قبل ان يترك النقطة الاولى منعا لاى شرارة كهربية ، وهذا يمثل حالة قصر على الملف بين النقطتين حيث يمر فيه تيار القصر فى هذه الفترة فقط وهكذا تظهر اهمية سرعة حركة

الذراع بين الاطراف بالرغم من ان المقاومة الموجودة تقلل من قيمة التيار وهذه الحركة تتم بالترتيب كما وارد فى الشكل رقم ٥-٨ وتعرف هذه الاجزاء باجزاء المتحرك Mechanism وهو ما يرفع سعر هذا المغير للجهد ويميزه ايضا ، كما ان قيمته التقنية عالية ولا تقدر بالمال نتيجة استمرارية التيار بلا انقطاع.



الشكل رقم ٥-٨: اسلوب تغيير نقطة تلامس مغير الجهد تحت الحمل

تختبر ملفات منظم الجهد بقياس مقاومتها للتيار المستمر عند درجة حرارة ٢٤ درجة مئوية فتكون للجهد العالى (٢٣٠ ك. ف. / ٣١٤ امبير) بقيمة (٠,٣٢٧ - ٠,٣٢٩ اوم) بينما ملفات الضغط المنخفض (١١ ك.ف. / ١٥٧٣ امبير) لها مقاومة قدرها (٠,٠٠٤ - ٠,٠٠٤٠٣ اوم) لكل وجه ولكنها تتغير بالنسبة لملفات الجهد المتوسط تبعا لنقطة تلامس منظم الجهد وقيمتها هذه محددة فى (الجدول رقم ٥- ١٠) وتم حساب النسبة التحويلية بين المتوسط والمنخفض.

جدول رقم ٥–١٠: اختبار ملفات منظم الجهد ونسبة التحويل الجهدى

رقم الطرف	مقاومة ملف جهد متوسط (اوم) C	B	A	الجهد (ك.ف.)	التيار (امبير)	نسبة التحويل الجهدى (متوسط / منخفض)
١	٠,٠٤٦٢	٠,٠٤٦	٠,٠٤٦	٧٤,٦٣٤	٩٦٤	٦,٧٩
٢	٠,٠٤٥١	٠,٠٤٥	٠,٠٤٥	٧٣,١٩٥	٩٨٤	٦,٦٥٥
٣	٠,٠٤٤٢	٠,٠٤٤	٠,٠٤٤	٧١,٧٥٦	١٠٠٣	٦,٥٤
٤	٠,٠٤٣٠	٠,٠٤٢٨	٠,٠٤٢٨	٧٠,٣١٧	١٠٢٤	٦,٤١٥
٥	٠,٠٤١٧	٠,٠٤١٥	٠,٠٤١٥	٦٨,٨٧٨	١٠٤٥	٦,٢٧٥
٦	٠,٠٤١٠	٠,٠٤٠٨	٠,٠٤٠٨	٦٧,٤٣٩	١٠٦٧	٦,١٣٥
٧	٠,٠٤٠٤	٠,٠٤٠٢	٠,٠٤٠٢	٦٦,	١٠٩١	٦,
٨	٠,٠٣٩٧	٠,٠٣٩٥	٠,٠٣٩٥	٦٤,٥٦١	١١١٥	٥,٨٩
٩	٠,٠٣٨٧	٠,٠٣٨٥	٠,٠٣٨٥	٦٣,١٢٢	١١٤١	٥,٧٥
١٠	٠,٠٣٧٧	٠,٠٣٧٧	٠,٠٣٧٧	٦١,٦٨٣	١١٦٤	٥,٦
١١	٠,٠٣٦٢	٠,٠٣٦٠	٠,٠٣٦٠	٦٠,٢٤٤	١١٦٤	٥,٤٩
١٢	٠,٠٣٥٤	٠,٠٣٥٢	٠,٠٣٥٢	٥٨,٨٠٥	١١٦٤	٥,٣٥
١٣	٠,٠٣٤٧	٠,٠٣٤٥	٠,٠٣٤٥	٥٧,٣٦٦	١١٦٤	٥,٢٣

٥–٣: اجزاء المحول TRANSFORMER PARTS

يدخل فى مكونات المحول العديد من الاجزاء والتى يمكن ان تتجزأ هى ايضا ونوضح الانواع المتباينة لهذا التقسيم على محورين هما :

اولا: المكونات الرئيسية MAIN ELEMENTS

يقصد بالمكونات الرئيسية كل ما هو اساسى للمحول ويشكل وحده واحده لا يمكن تجزئة اى منها وهذه الاجزاء لا تتعرض الا للصيانة الجسيمة وهى:

١– القلب الحديدى IRON CORE

٢– الملفات WINDINGS

٣– وصلات ربط اطراف الملفات CONNECTORS OF WINDING TERMINALS

٤– وصلات تربيط القلب الحديدى CORE TIEING

٥– قاعدة المحول TRANSFORMER BASE

٦– الغطاء COVER

تظهر الملفات حول القلب الحديدى فى شكل رقم ٥–٩(ص٩١) بينما نجد ان هذه الاجزاء معا تسمى « الجزء الفعال » Active Part والملفات تحتوى على ملفات الجهود المختلفة بالاضافة الى تلك لمنظم الجهد وهى مرتبطة معا اثناء الشحن والنقل والتركيب.

ثانيا: الملحقات ACCESSORIES

تلحق بالمحول بجانب الجزء الفعال عددا من المكونات هامة وعديده يمكننا عرضها فى ايجاز شديد كما يلى:

١- عازلات الاختراق BUSHINGS

هى عبارة عن عازلات من نوع خاص كى تخترق بالنقطة ذات الجهد العالى من الاسطح الموصلة بالارض او حائط عليه جهد مخالف وهى تأخذ الشكل الاسطوانى تثبت على السطح الصفرى ويمر من داخلها طرف الجهد العالى ولذلك تستخدم عند اخراج اطراف الملفات الى خارج المحول وتصنع من البورسلين للجهد المنخفض الا ان هذه المادة لن تصبح صالحة عمليا للجهود العالية حيث ابعادها تزيد الى القدر الذى لا يتوافق مع الامكانيات الفعلية او الواقعية.

تبدأ نظرية جديدة لتكوين عازلات الاختراق بعد الجهد ٦٦ ك.ف. وتعتمد عندئذ على العازلات السعوية Capacitive فى صورة طبقات متتالية من نوعى عازلات وتغمر فى الزيت عالى الكفاءة (زيت كابلات) مع رفع ضغط هذا الزيت قليلا لمنع تولد ايه فراغات او فقاعات هوائية تقلل من قيمة العزل داخل عازل الاختراق وبهذا الاسلوب تعود الابعاد الى الانكماش مره اخرى كما هو موضح فى الشكل رقم ٥-١٠(ص٩١) حيث نراها مستنده الى قواعد خاصة بها ومناسبة للطول الداخلى (الجزء السفلى) من عازل الاختراق.

نلاحظ تواجد مانومتر فى الجزء العلوى من عازل الاختراق ليبين ضغط الزيت داخله لتأكيد ارتفاع مستوى العزل الداخلى ونجد ان ابعاد العازل قد تضاءلت تماما بالنسبة للقطر بينما الارتفاع يزيد ليواكب الجهد التشغيلى ، هكذا نرى اهمية التعامل بدقة فى اعمال الصيانة مع هذه النوعية من العازلات وضرورة اتباع تعليمات المصنع حفاظا عليه . اما عن عازلات اختراق نقطة التعادل فهى ضرورية على عكس المتوقع حيث ان مستوى العزل لهذه النقطة ، تبعا للجهد الفجائى (الانتقالى) الذى يظهر اثناء التشغيل ، يكون لابد من الحفاظ على قيمته وتجنب اى تفريغ شرارى قد يحدث ولها الاسس التصميمية الخاصة بها.

٢- خزان تمدد الزيت EXPANSION CONSERVATOR

حيث ان زيت المحولات يشارك فى العزل الكهربى داخل جسم المحول وبما انه قابل للتمدد والانكماش مع زيادة درجة الحرارة او انخفاضها نتيجة مرور التيار الكهربى فى ملفات المحول فيصبح لزاما التأكد من:

١- التأكد المستمر من تواجد تانك المحول مملوءا بالزيت فى كل الاوقات.

٢- السماح للزيت بالتمدد والانكماش دون التأثير على الضغط داخل جسم المحول.

لذلك نحتاج الى استخدام خزان اضافى يشترط فيه مايلى (الشكل رقم ٥-١١):

١- يوضع اعلى من ايه نقطة فيها زيت داخل تانك المحول.

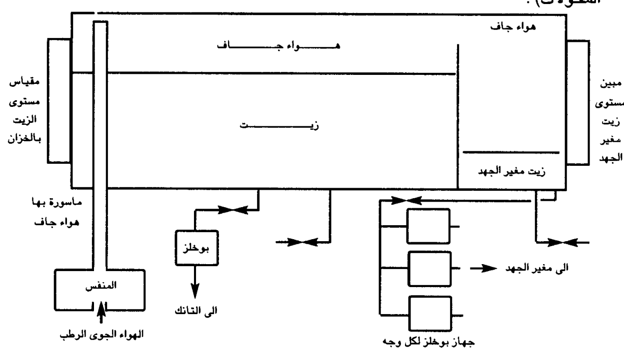
٢- يتم توصيل اسفل الخزان الى تانك المحول من خلال جهاز الوقاية الغازى (البوخلز) .

٣- يسمح للخزان بادخال الزيت الى المحول او العكس حسب الاحوال.

٤- يتصل الخزان مع الهواء الخارجى الرطب دائما من خلال مجفف للهواء ومنقى للشوائب

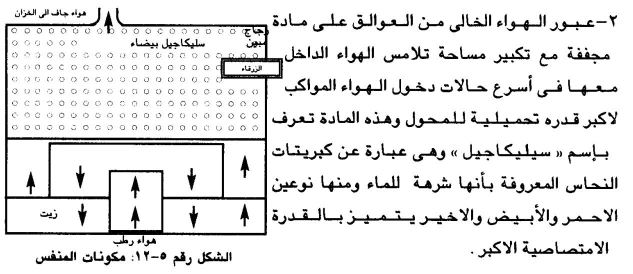
العالقة به.
منظم الجهد يحتاج الى وعاء زيتى مستقل وقد تم ذلك من خلال تقسيم الخزان داخليا (الشكل رقم ٥-١١) لأن زيت مغير الجهد يحتاج الى التغيير المستمر بخلاف زيت المحول ذاته نتيجة حركة اطراف مغير الجهد المستمره والمصاحب لها من تواجد شرارى اثناء عملية النقل بين الاطراف اما الخزان فيتصل مع الهواء الخارجي من خلال ما نسميه المنفس Breather مثل رئة الانسان وهو حلقة الوصل بين الهواء الجوى الرطب دائما والهواء الداخلى (داخل الخزان) الجاف باستمرار خصوصا وان زيت المحولات يتأثر بشدة بتواجد الرطوبة كما سيظهر من الخواص الكيميائية له (الشكل رقم ٥-١٢) حيث يجب مراعاة مايلى:

١-عدم دخول الاتربة والذرات العالقة بالهواء ويتم ذلك بإمرار الهواء من خلال سائل (زيت المحولات) .

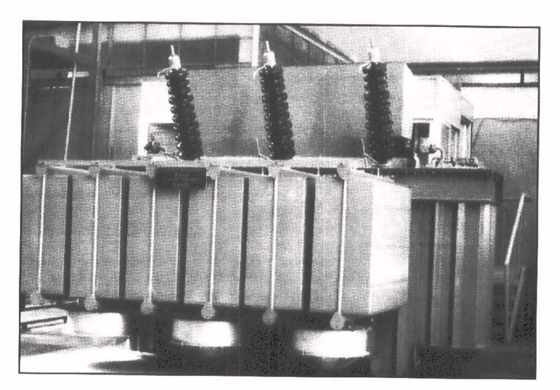


الشكل رقم ٥-١١: طريقة توصيل الخزان العلوى مع جسم المحول

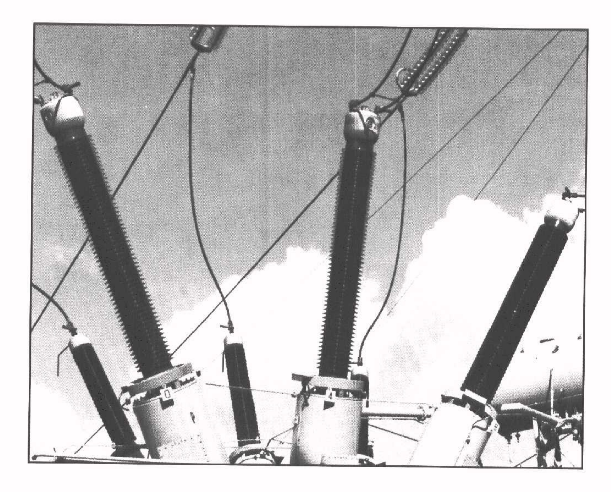
٢-عبور الهواء الخالى من العوالق على مادة مجففة مع تكبير مساحة تلامس الهواء الداخل معها فى أسرع حالات دخول الهواء المواكب لاكبر قدره تحميلية للمحول وهذه المادة تعرف باسم « سيليكاجيل » وهى عبارة عن كبريتات النحاس المعروفة بأنها شرهة للماء ومنها نوعين الاحمر والأبيض والاخير يتميز بالقدرة الامتصاصية الاكبر .



الشكل رقم ٥-١٢: مكونات المنفس

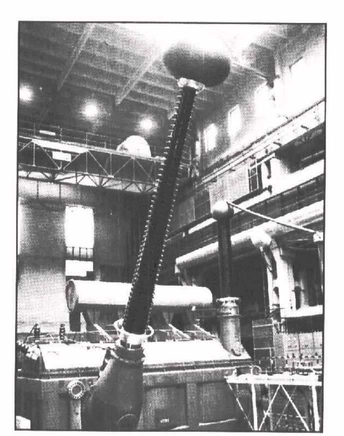


الشكل رقم (٥-١)

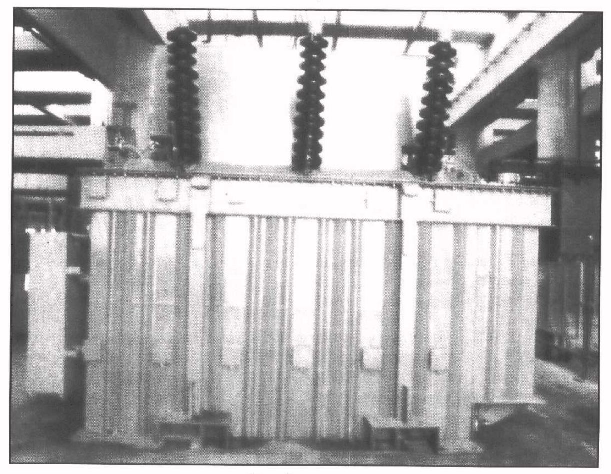


الشكل رقم (٥-٢)

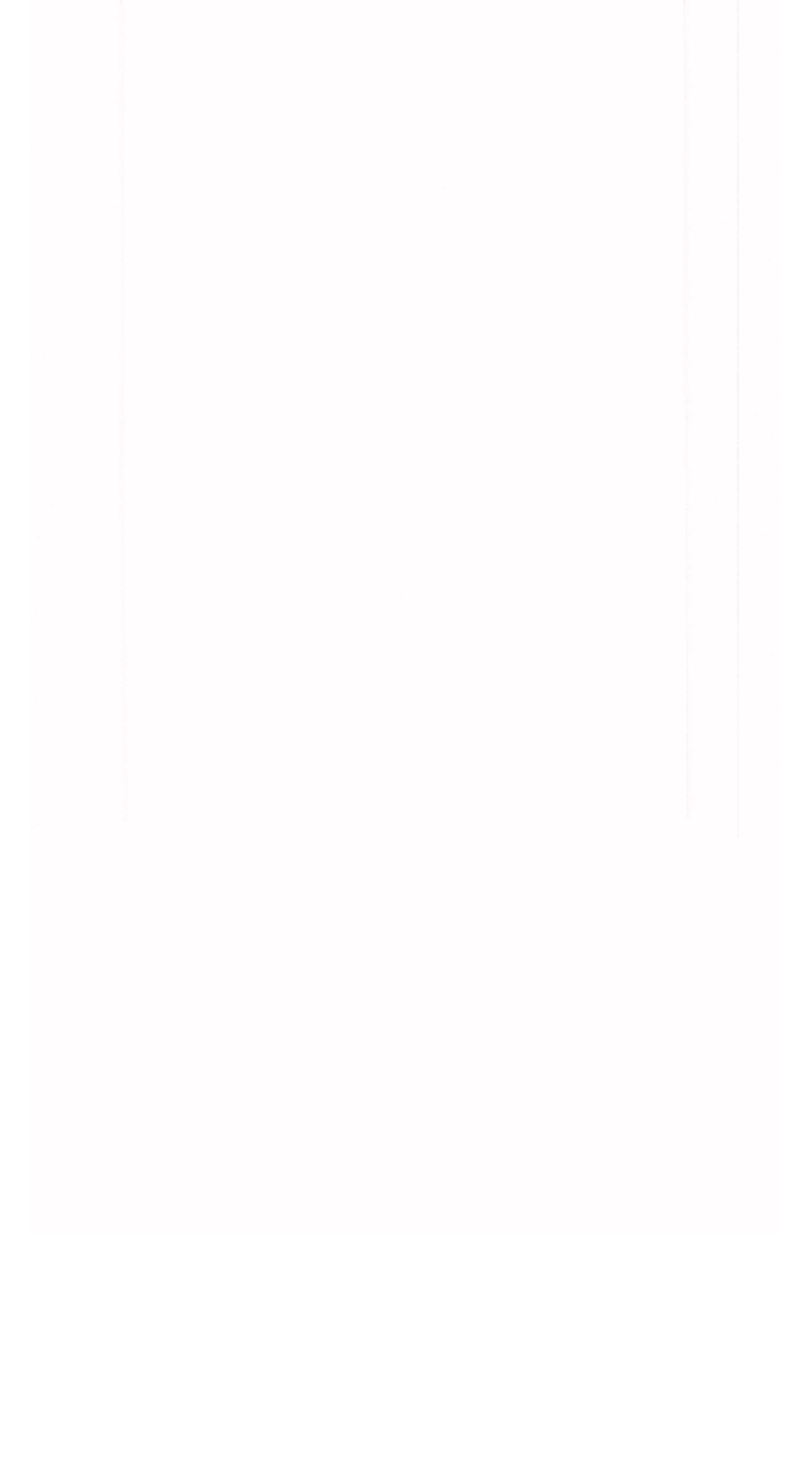


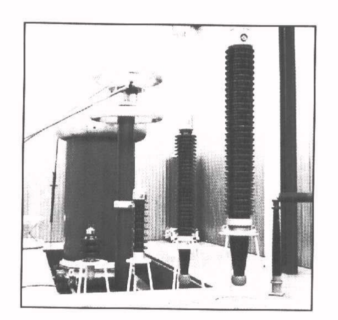


الشكل رقم (٥-٣)

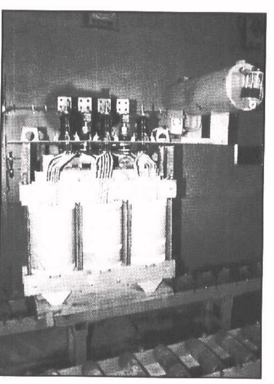


الشكل رقم (٥-٦)

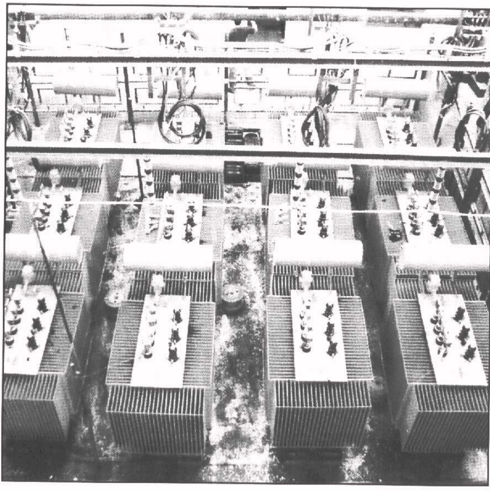




الشكل رقم (٥ – ١٠)



الشكل رقم (٥ – ٩)



الشكل رقم (٥– ١٣)



٣-استخدام علامة تشير الى درجة تشبع السيليكاجيل بالماء حتى يتم تغييرها فورا وهي السيليكاجيل الزرقاء التى تتحول الى الحمراء عند التشبع بالماء (الشكل رقم ٥-١٢)ويمكن إستخدام تلك البيضاء فى حالة عدم توافر الزرقاء .

وتتوافر السيليكاجيل فى شكل حبيبات كروية (قطر ٢.٧-٧ مم) المعالجة مع محلول كلوريد الكالسيوم بينما الجزء المؤثر (ذو اللون الازرق) يكون معالجا مع محلول كوبالت الكالسيوم ويمكن تجفيف السيليكاجيل البيضاء عموما فى أفران كهربية لمدة ساعتين تحت حرارة ٣٠٠ درجة مئوية او لمدة ٨ ساعات عند ١٤٠ درجة مئوية اما لزرقاء فتجفف فى ١٠٠-١٢٠ درجة ، وتوضح الصورة الواردة فى الشكل رقم ٥-١٣ (ص٩١) شكل ومكان هذا المنفس كما يظهر فى الصورة ايضا جهاز البوخلز بالرغم من المنفس هنا علويا الا انه فى المحولات الاكبر ينزل الي أسفل ليصبح فى متناول العاملين وصيانته دون الحاجة الى الصعود اعلى المحول .

٣- المبردات COOLERS

نحتاج الى تبريد المحول عموما وزيت المحول على وجه الخصوص لسببين هما:

١- تبريد ملفات المحول coil cooling

٢- رفع كفاءة عزل الزيت بخفض درجة الحرارة Raising the insulation level

وفى المحولات الكبيرة نجد ان المبردات تلحق بجانب تانك المحول (انظر الشكل رقم ٥-١٤) حيث تنقسم عملية التبريد الى عدة وحدات وكل منها يتصل مع المحول بصورة توزيعية سليمة لتسهم فى خفض الحرارة باسرع ما يمكن فنرى السحب بمضخات للزيت اعلى تانك المحول (اعلى درجة حرارة) ويرسل معاد الى المحول فى اسفل نقطة حيث اقل درجة حرارة ولذلك يتم رفع كفاءة التبريد بالاسس التالية:

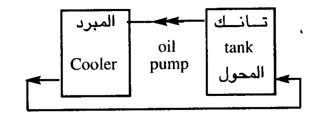
١- السحب من اعلى نقطة باستخدام مضخة زيت oil pump

٢- تكبير سطح المبرد بجعله فى مواسير بدلا من السطح المسمط

٣- اخراج الزيت من المبرد من اسفل نقطة قطرية مع نقطة الدخول

٤- اعادة الزيت الى تانك المحول فى النقطة القطرة مع الخروج منه.

٥- اضافة مراوح تحت المبرد لتبعد الهواء الساخن ويدخل مكانه البارد



الشكل رقم ٥-١٤: دورة التبريد لمحول قدرة

وجدير بالذكر ان كل وحده تبريد فى المحولات الكبيرة متعددة الوحدات تحتوى ايضا على مرشح ماص عبارة عن اسطوانه مملوءه بالسليكاجيل وهو ما يعمل على امتصاص مركبات الكبريت الخطيرة من الزيت ولذلك فانها تحتاج الى التغيير اذا ما وصلت درجة الحموضة فى الزيت الى(٠,١-٠,١٥ ميلى جرام) وبالتالى يكون التغيير جوهريا ويمكن معرفة ذلك من بروتكول اختبارات الزيت ، وتظهر اهمية قياس درجة الحرارة وعادة يكون له مؤشران :

١- الاول يقوم عند درجة حرارة محددة بالاتى :

* اعطاء اشارة ضوئية وصوتية لحجرة التحكم بوصول درجة الحرارة الى هذا الحد
* اعطاء امر آلى لتشغيل مجموعة من وحدات التبريد الاحتياطية

٢- الثانى يقوم عند درجة الحرارة الاعلى (الخطيرة للاقتراب من نقطة الوميض السابقة لدرجة الاشتعال)

* اعطاء اشارة انذارية لحجرة التحكم
* الفصل الآلى لجهه واحدة من المحول

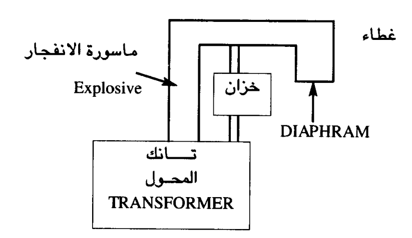
٤- انبوبة الانفجار Explosive pipe

فى المحولات الكبيرة تصبح الحاجة ماسة لمنع انفجار تانك المحول لزيادة الضغط داخله ولذلك نحتاج الى صمام الامان فيه مثل ما يستخدم فى اوانى الطهى مثلا حتى تتم معادلة الضغط داخل وخارج المحول وهنا نستخدم ماسورة كما نراها فى الشكل رقم ٥-١٥ حتى نتفادى مخاطر الزيادة فى الضغط والذى يحتمل حدوثه فى حالة وجود قصر شديد داخل المحول او بين الملفات او فى حالات الحريق فى القلب الحديدى ولذلك نجد الشروط التالية فى هذه الماسورة:

١- تتصل الماسورة من اعلى الخزان لمعادلة الضغط على غطاء الماسورة العلوى.

٢- يوضع الغطاء العلوى فى اتجاه الارض لتفادى التناثر بعيدا ليتجة مباشرة الى الارض.

٣- يتحمل الغطاء فرق ضغط جوى حتى ٠,٥ ضغط جوى.



الشكل رقم ٥-١٥ : (ماسورة الانفجار والتوصيلات اللازمة لها)

الفصل السادس

التجهيزات الصيانية للمحولات

٦-١: اعداد الموقع

٦-٢: استكمال المعدات

٦-٣: تكرير الزيوت



التجهيـزات الصيـانـيـة للمحـولات

MAINTENANCE PREPARATION FOR TRANSFORMERS

عملية التجهيز والاعداد لاجراء الصيانة الجسيمة من اهم الخطوات التى تشير الى نجاح الصيانة فى النهاية ويتباين المحول عن غيره فى كونه معده كبيرة وتحتاج الى مكان متسع (ورشة) لاجراء الصيانة كما ان الاوزان المنقولة والمرفوعة ثقيلة بينما لاتحتاج المحولات الصغيرة الى مثل هذه المهمات وسوف نتناول هذا الموضوع للمثال المحدد للكتيب حتى تكون الاعمال فى متناول الفهم والادراك لبقية المحولات كبيرة كانت او صغيرة وتنحصر فى ثلاث نقاط نفرد لهم البنود التالية:

٦-١: اعداد الموقع LOCATION

لتسهيل مهمة العاملين يتحدد مكان اجراء الصيانة « ورشة المحولات » وهو متواجد فى طرف المحطة كما نراه فى الصورة الواردة فى الشكل رقم ٦-١ (ص١٠٩) حيث موقع المحولات الثابت اثناء التشغيل يقع تحت الجمالونات العالية الثلاث بينما موقع الورشة يظهر تحت الونش الكهربى ويتصل الموقع بمكان المحولات بقضبان سكة حديد (الشكل رقم ٦-٢) حيث يتم جر المحول عليها مثل قطارات السكك الحديدية وهكذا يتم اعداد الموقع على المحورين هما:

المحور الاول: تحديد الموقع المطلوب لاجراء الصيانة

الشكل رقم ٦-٢: الرسم التخطيطى لمسار المحول من موقعة وحتى الورشة

هذا المحور يشمل تحديد الاسقاط الافقى كما نراه فى الشكل رقم ٦-٣ حيث يتم توزيع المهمات والمهام بالموقع على الخريطة وهى:

١- موقع الونش الكهربى اللازم لرفع غطاء المحول وهو الواضح فى الصورة الفوتوغرافية بالشكل رقم ٦-١ (ص١٠٩) والذى يقع اسفله تماما المحول تحت الصيانة.

٢- موقع التاندة (الجمالون) حيث يدخل تحتها المحول اثناء التسخين والصيانة الداخلية وقد ظهرت التاندة ايضا فى الصورة الفوتوغرافية التى نراها فى الشكل رقم ٦-١ (ص١٠٩) .

٣- موقع الونش المقطورة حيث لابد وان يترك له اماكن خالية خصيصا له حول المحول من الاربع جهات (الاركان) ويظهر موقعه فى الصورة الفوتوغرافية بالشكل رقم ٦-١ (ص١٠٩) اثناء رفع عازل الاختراق ٢٢٠ ك.ف.

٤- موقع خزانات الزيت حيث نحتاج الى اربعة خزانات سعة ٥٠ طن (الشكل رقم ٦-٣).

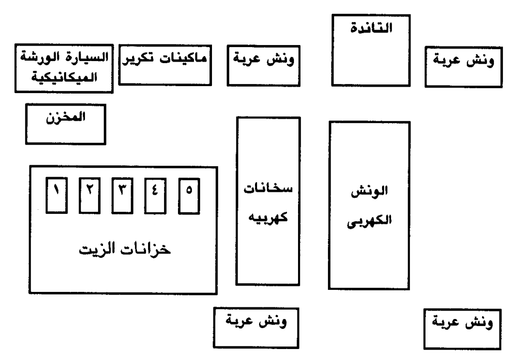
٥- موقع ماكينات التكرير بما فيها ماكينات الفاكيوم

٦- موقع السيارة الورشة الميكانيكية

٧- موقع المخزن لتشوين المهمات التى يتم اختبارها اولا بأول.

المحور الثاني: صيانة واختبار معدات الصيانة المستخدمة

بعد الرؤية المكانية وما يحتويه الموقع من مهمات وادوات يكون اساسيا اجراء بعض الاعمال



الشكل رقم ٦-٣: المسقط الافقى لموقع الصيانة

الاولية كما يلى:

١- نظافة خزانات الزيت

٢- تغيير جوانات الخزانات

٣- تغيير السليكاجيل

٤- تثبيت ماكينات التكرير (الفاكيوم - طرد مركزى - مرشحات).

٥- نظافة خراطيم الزيت المسلحة (المقواه) والعادية وسدها باحكام حتى وقت الاستعمال.

٦- تجهيز دائرة تبريد ماكينات الفاكيوم واختبار تشغيلها.

٧- تركيب وتثبيت التاندة.

٨- تصنيع غطاء التاندة القماشى والتأكد من ملائمة تركيبة عليها.

٩- تجهيز ونش الجر وملحقاته واختباره بالاستعانة بمقطورة سكة حديد (او وضع احمال على عجلات محلية تسير على قضبان).

١٠- اختبار الونش الكهربى العلوى.

١١- تصنيع قواعد (كراسى) لحمل عازلات الاختراق وهى واضحة فى الصورة الفوتوغرافية الشاملة بالشكل رقم ٦-١ (ص١٠٩) وهى مصنعة بالامكانيات المحلية.

٦-٢: استكمال المعدات EQUIPMENT COMPLETING

تتنوع المعدات اللازمة لاجراء صيانة المحولات او المفاتيح والسكاكين الكهربية او الكابلات كما تختلف الاحتياجات منها حسب حجم المعده ذاتها ولذلك سنحدد المطلوب بالنسبة للمثال الوارد هنا حتى يكون الشرح وافيا وشاملا لكل المعدات الاصغر والتى قد لاتحتاج الى هذه المعدات الا انه من الضرورى المام المهندس على حسن التصرف عند اللزوم ويمكن تصنيف المعدات اللازمة لاجراء الصيانة الجسيمة لمحول (المثال) فى ثلاث مجموعات هى:

اولا: اعداد الموقع ELECTRIC TOOLS

١- عده كهربائى كاملة (قشارة اسلاك - مفك اختبار - قصافة ـ كاوية لحام ـ ...)

٢- بكرات عازلة (ورق كابلات - شريط قطن وورق وحرير واصفر - بلاستر ازرق)

٣- اجهزة قياس (افو - ميجر - ميلى فولت - ميلى امبير)

٤- وسائل انارة (٣ بلادوس بكابلات مرنة ٤ متر - ٣ مصباح ١٢ ف. - مصابيح ٥٠٠ وات ٢٢٠ ف. - بطاريات كشاف)

٥- متنوعات (جملاكة - قصدير - فرشة دهان - شنيور)

ثانيا: مجموعة العده الميكانيكية MECHANICAL TOOLS

١- عده ميكانيكى (اطقم مفتاح مشرشر وبلدى وماسورة - اطقم لقمة ودكر قلاووظ - مجموعة بنطة - سنابك ٥٠سم - مبارد - دقماء خشب)

٢- ادوات (سكينة قطع جوانات - غربال - مسطرة صلب ١٠٠سم - قدم صلب ١٢ - مسدس دوكو)

٣- اجهزة (دينامومتر ١٠طن - فاكيومتر - مانومتر - ترمومتر - لحام اكسى استيلين)

٤- مواد متنوعة (كله لزق - اسطبة فاخرة - مسامير - طبات رصاص - سلك لحام)

ثالثا: مجموعة الماكينات المتخصصة SPECIAL DEVICE

١- اجهزة

* جهاز اختبار عزل الزيت
* فرن كهربى للسليكاجيل
* مضخة زيت ١٠٠ طن / ساعة
* مضخة مياه لتبريد ماكينات الفاكيوم
* ونش جر مناسب
* مجموعة كوريك ٥٠ طن لرفع المحول
* ماكينة تكرير بمشتملاتها
* سخانات كهربية ٤٠ كيلووات مع القواعد الاسبستوس والصوف الزجاجى وكابلاتها ولوحة التوزيع الخاصة بها
* موحد معدنى ٤٠٠ أمبير

٢- اوناش (كهربى علوى ١٢ طن - مقطورة ١٦ طن بذراع ٢٠ متر - ١٠ طن)

٣- ادوات (فلنشات - صمامات - جوانات - زجاجات لعينات الزيت - احذية مطاطية برقبة - بدل قماش جديدة - قماش دبلان ودمور)

٤- ملحقات مساعدة وتشمل الجزء الهام لضمان توفير الوقت وسلامة العاملين والمعدات بقدر المتاح من الامكانيات وهى تتفرع الى قسمين هما:

(أ): مجموعة النقل **Transpotation group**

* عربة حريق وطفايات حريق متنقلة
* عربة ورشة
* سيارة لورى
* سيارة تانك

(ب): مجموعة اللوازم **Important tools**

* منظف صناعى بودرة
* بنزين للنظافة
* كحول نقى للنظافة الداخلية
* زيت محولات احتياطى
* زيت كابلات احتياطى لعازلات الاختراق
* سليكاجيل
* قواعد لعازلات الاختراق ومفرغات الشحنة Arresters
* ٦ ستوبر Stopper لربط عجلات المحول

٦-٣: تكرير الزيوت OIL PURIFICATION

نحصل على زيوت المحولات كأحد منتجات المعالجة الكيميائية للمواد البترولية ولذلك نجدها مختلفة الصفات لاعتمادها على البترول الخام المتباين فى الخواص عالميا بل ومحليا فى البلد الواحد، الا انه يتحدد اطار عام لصفات زيت المحولات التى يجب ان تتواجد تبعا لمجموعة البترول الخام وعلينا الحرص عند التعامل مع زيوت المحولات المختلفة فى حالات المزج او الاضافة حتى لا نصل الى اماكن الفصل الكيميائى او الطبيعى وتبعا للموافقات المعملية .

ينتج زيت المحولات من عملية غليان وتبخير البترول الخام عند درجات حرارة ٣٠٠ - ٤٠٠ درجة تحت الضغط الجوى ويتكون من ثلاث مركبات اساسية هى:

١- الهيدروكربونيات النفطية

٢- الزيوت البرافينية

٣- الزيوت العطرية

حيث يدخل الاوكسجين والازوت (١٪) والكبريت والاحماض العضوية والايدروجين (١١-١٤ ٪) والكربون (٨٢ ، ٨٧ ٪) نسبة الى مكونات النفط الخام والذى يمكن تقسيمه الى ثلاث مستويات بالنسبة للكبريت كنسبة مئوية وهى:

١- المستوى الاول (اقل من ٠,٥ ٪)

٢- المستوى الثانى (من ٠,٥١ الى ٢٪)

٣- المستوى الثالث (اكثر من ٢٪)

وجدير بالذكر ان تواجد الزيوت العطرية يضفى الخواص الاستقرارية على زيوت المحولات بالرغم من رفعها لقيمة الرطوبة فتتسبب فى خفض قيمة زاوية العزل وبالتالى تقل الكفائة العزلية للزيت ضد الجهد الكهربى ، كما انها تعمل على زيادة نسبة الترسيب فى الزيت مع التقادم ويساعد فى عملية التآكسد الكيميائى مما يسهل التواجد الترسيبى مع الزمن ، اما زيت البرافين العازل الجيد كهربيا يقلل من نشاط التفاعل الكيميائى لزيت المحولات بل يكاد يوقفه اذا ما زادت نسبته عن ١,٥٪ وهكذا نرى من الجهة الاستيراتيجية لانجاح اعمال صيانة المحولات والمفاتيح الكهربية الزيتية والكابلات الزيتية لابد وان نتعرض بشيء من التفصيل لخواص زيوت المحولات وكيفية التعامل معها .

اولا : الخواص الطبيعية والكيميائية **Phisco - chemical performance**

يستخدم زيت المحولات داخل المحولات كوسيط هام لحالتين :

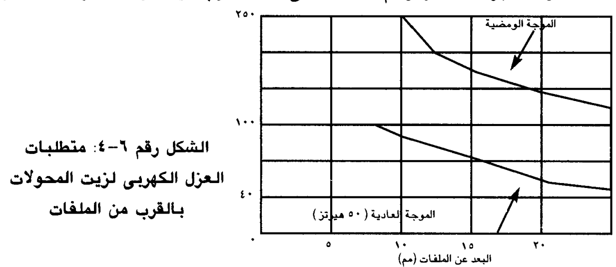
١- رفع كفاءة العزل بين الملفات والارض (جسم المحول والقلب الحديدى) او بين الملفات وبعضها (بين الاوجه) او حتى بين الملف الواحد .

٢- نقل الحرارة بسرعة من الملفات (نتيجة التيار الكهربى) والقلب الحديدى (نتيجة المجال

والتيار المغناطيسى) الى الهواء المحيط على ان يكون الزيت المستخدم عالى الكفاءة للعزل الكهربى ، عادة تصل درجة حرارة الملفات الى ٧٠ م عن الهواء المحيط (٢٥م) على الاتزيد درجة حرارة الزيت عن ٧٠م وبذلك يتضح ان الفرق بين درجتى حرارة الملفات والزيت يعادل ٢٥م فى حالات التشغيل العادى ، اضافة الى ان العزل الكهربى لزيت المحول يتاثر بالقرب من الملفات كما نرى فى (الشكل ٦-٤) حيث عزل الزيت القريب من الملفات لابد وأن يكون عالى الكفاءة سواء لاختبار الموجة الومضية او للتيار العادى ٥٠ هيرتز.

هكذا نجد ان تبريد زيت المحولات من اهم المعاملات التى نعتمد عليها فى تشغيل المحولات ولهذا يتباين نوع التبريد ويتعدد فى مراحله وتصنف كما هو آت:

١- التبريد بالهواء المباشر: ويتم الاعتماد على هذا الاسلوب من التبريد للمحولات الصغيرة



الشكل رقم ٦-٤: متطلبات العزل الكهربى لزيت المحولات بالقرب من الملفات

جهد ٣٨٠ ، ٢٢٠ ف. قليلة القدرة ولا نحتاج الى زيت محولات لأن الانتقال الحرارى كاف.

٢- التبريد بالزيت الغامر للملفات والقلب الحديدى : يناسب محولات التوزيع ١١ك.ف. قليلة القدرة حيث يتم الانتقال الحرارى من الملفات الى زيت ثم جسم المحول فالهواء المحيط.

٣- التبريد بالزيت فى مبردات جانبية (ريش) : يستخدم هذا النوع من التبريد لمحولات التوزيع ١١ك.ف. بالقدرات الكبيرة كما نراها فى الشكل رقم ٥-١٣ (ص٩١) حيث تظهر الريش فى الصورة وهو شائع الاستخدام وحتى الجهد الاعلى قد يصل الى ٦٦ك.ف.

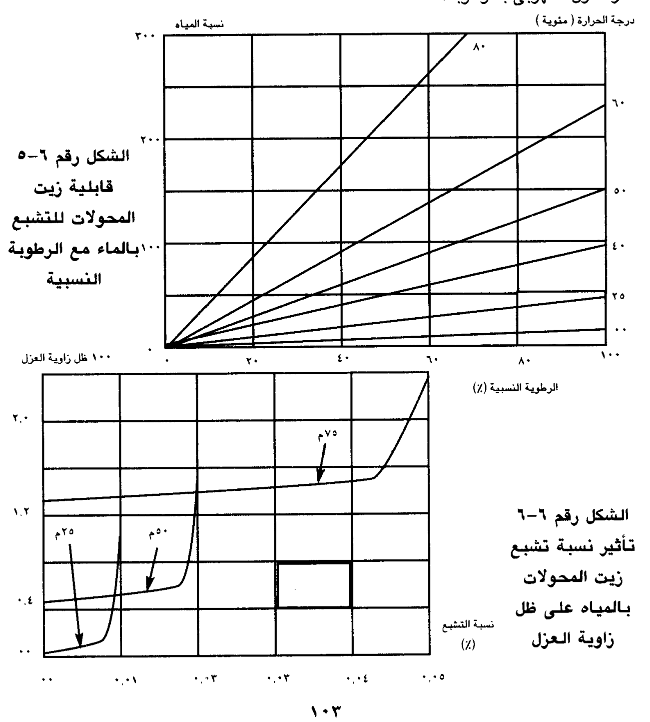
٤- التبريد الجبرى للزيت : نتعامل مع هذا النظام لمحولات القدرة جهد ٦٦ك.ف. حيث يضاف مراوح تحت او جانب المحول او الاثنين معا لاسراع عملية التبريد كما فى شكل رقم ٥-١ (ص٨٧)

٥- التبريد الجبرى للزيت مع سحب آلى للزيت وضخة الى المحول : يستخدم هذا الاسلوب مع محولات القوى جهد ١٣٢ ، ٢٢٠ ك.ف. حيث نحتاج الى مضخات زيت لسحب الزيت الى مبردات خارجية ويوضع تحتها المراوح مثل الشكل رقم ٥-١ (ص٨٧)

٦- التبريد الجبرى والسحب آليا داخل وسط تبرد مائى مع الضخ آليا الى المحول : نبدأ فى

الاعتماد على هذا المبدأ عند ارتفاع القدرات بشكل كبير وتظهر فى الجهد ٤٠٠ ، ٥٠٠ ، ٧٥٠ك.ف. ويتم التعامل معه مثل البند ٥ الا ان المبردات هنا توضع داخل تانك مملوء بالماء البارد الذى يدور ايضا فى دورة تبريد اخرى.

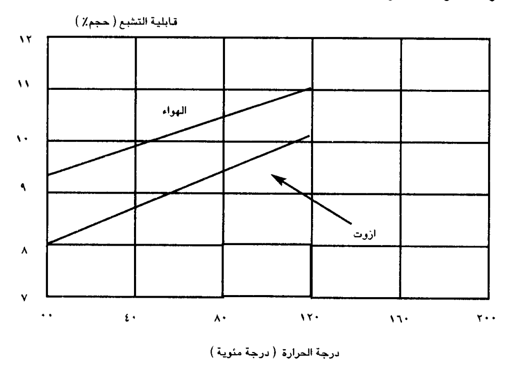
تظهر اهمية التعامل مع مثل هذه النوعيات من المبردات حيث اننا نعلم بان زيوت المحولات شرهة للماء وعليه يجب ان تكون الزيوت داخل المبرد فى ضغط اعلى من ضغط الماء الموجود فى تانك التبريد حتى اذا ما حدث تسريب بينهما فيخرج الزيت الى الماء وليس العكس ونكون فى مأمن من الخطر خصوصا وان الزيت يتأثر بشدة بدرجة الرطوبة كما هو مبين فى الشكل رقم ٦-٥ حيث يعرض تأثير الرطوبة فى الهواء الجوى على خواص الزيت بينما يقدم الشكل رقم ٦-٦ تأثر العزل الكهربى بالرطوبة.



الشكل رقم ٦-٥
قابلية زيت المحولات للتشبع بالماء مع الرطوبة النسبية

الشكل رقم ٦-٦
تأثير نسبة تشبع زيت المحولات بالمياه على ظل زاوية العزل

جدير بالذكر ان زيت المحولات لا يتشبع فقط بالمياه بل انه سريع التشبع بالغازات ويوضح الشكل رقم ٦-٧ قابلية التشبع لزيوت المحولات ببعض الغازات مثل الازوت وتواجد مثل هذه الغازات قد يكون له تأثير كبير على كفاءة العزل الكهربى للزيت ولذلك يلزم تحديد خواص محدده لزيوت المحولات وهو ما سوف نتناوله فيما بعد.



الشكل رقم ٦-٧: قابلية تشبع زيت المحولات لبعض الغازات

ثانيا : المواصفات القياسية STANDARD SPECIFICATIONS

طبقا لاصول العمل الهندسى يجب توصيف زيوت المحولات مثل اى معده بالرغم من التباين الشديد فى انواعها وتجد من الصفات المشتركة اساسية بينهم كى يكون صالحا للاستخدام وهناك انواع اخرى ارقى مستوى وهى المعروفة باسم زيوت الكابلات ولكننا لن نخوض فيها بل نركز الحديث عن زيوت المحولات .

يقدم الجدول رقم ٦-١ المواصفات الاساسية لزيوت المحولات فى حالة الزيوت الجديدة (التى لم تستخدم من قبل) او بعد ملء المحول بها لاول مره كما توجد صفات اخرى اختيارية (غير اساسية) ويلزم اختبار هذا الزيت دوريا للتأكد من صلاحية العزل الكهربى حيث ان القيمة المتواجدة بالجدول هى الادنى المسموح بها ويمكن اضافة التحليل الكروماتجرافى للغازات المذابة Dissolved gas analysis بخاصة الهيدروكربونات وكذلك معامل التعادل Neutralization value.

التواجد المائى داخل زيت المحولات من اخطر العلامات التى تؤدى الى انهيار العزل تماما ولذلك يجب اخذ عينات الزيت على ارتفاعات مختلفة من تانك المحول ويبين الجدول رقم ٦-٢ مدى

جدول رقم ٦-١: المواصفات الاساسية (الاختبارية) لزيوت المحولات

البيـــــان		زيت جديد جاف	زيت جاف بعد الملئ
جهد التشغيل (ك.ف/ ٢,٥ مم) Breakdown	اقل من ١٥ ك.ف.	٣٠	٢٥
	١٥ – ٦٠ ك.ف.	٣٥	٣٠
	٦٠ – ٢٢٠ ك.ف.	٤٥	٤٠
	٣٣٠ – ٥٠٠ ك.ف.	٥٥	٥٠
	حتى ٧٥٠ ك.ف.	٦٠	٥٥
ظل زاوية العزل٪	عند ٢٠ م	٠,٢	٠,٣
	عند ٧٠ م	٠,٣ – ٢,٠	٢ – ٢,٥
	عند ٩٠ م	٠,٥ – ١	–––
اللزوجة مم٢ /درجة Viscosity	عند ٢٠ م	لا تزيد عن ٢٨ – ٣٠	لا تقاس
	عند ٥٠ م	لا تزيد عن ٩	لا تقاس
درجة الاكسدة (جم) Oxciding No		لا تزيد عن ٠,٢ / ٠,٠٣	لا تقاس
Freezing point درجة التجمد (٥م)		– ٤٥ / ٥٣	لا تقاس
درجة الترسيب بعد الاكسدة (٪)		لا تزيد عن ٠,٠٢	لا تقاس
Flash point درجة الوميض (٥م)		١٣٥ – ١٥٠	١٣٥ – ١٥٠
تواجد المياه		لا يوجد	لا يوجد
رقم الحموضة (مجم/جم) Acid No		لا تزيد عن ٠,٠١ – ٠,٠٣	٠,٠١ – ٠,٠٣
المواد العالقة impurities		لا يوجد	لا يوجد
المواد الايونية Ions		لا يوجد	لا يوجد

تاثير تواجد المياه مع الارتفاعات المختلفة والتى تبداء من القاع وحتى ١و٧ متر ارتفاعا .

يمكن قياس ايضا كلا من ثابت العزل Permittivity ومعدل انخفاض الشد السطحى ولذلك يلزم اخذ عينات الزيت من المحولات او المفاتيح الزيتية بصفة دورية (مره/مرتين) سنويا خصوصا اذا

جدول رقم ٦-٢: تاثير الرطوبة على جهد الانهيار لزيت المحولات (ك.ف./٢.٥مم)

وجود المياه	ارتفاع مكان اخذالعينة (متر)				
	القاع	٢.٤	٣.٢	٤.٨	٧.١
توجد مياه	١٤ – ١٨.٨	٤١.٢	٤٠,٠٠	–––	٤٩,٠٠
لاتوجد مياه	٣٤.٨ – ٤٥	٤٦.٥	٥٠.٤	٥٤.٨	–––

كانت الخواص بدأت فى الانخفاض ويبين الجدول رقم ٦-٣ بعض النتائج المعملية لاختبار الزيت والتى عادة توضع فى شكل شهادة ويتم الاعتماد على طريقة اختبار زيت المحولات عالميا وعلى نطاق واسع لتحديد مدى صلاحية الزيت وبالتالى المحول للتشغيل ويكون المؤشر الاول

جدول رقم ٦-٣: شهادة اختبار زيت المحولات

نوع الاختبار Type	شروط Conditions	النتائج Results			
رقم العينة تاريخ اخذ العينة تاريخ الاختبار مكان العينة محطة/كشك/مدرسة جهد التشغيل (ك.ف.)		١ محول٣ محطة ٦٦	٢ محول١ محطة ١١	٣ محول١ محطة ٦٦	
الكثافة النوعية Density	٢٩ م ١٥,٥ م	٠,٨٦٩ ٠,٨٧٧٦	٠,٨٦١ ٠,٨٧٠	٠,٨٧٠ ٠,٨٨١	
اللزوجة (انجلر) Viscosity	عند ٣٧,٨ م عند م	٥٩	٥٣	٦١	
الحموضة (مجم بوايد / جم)	فينول فيتالين فينيل بنزين	٠,٣٠٧٩	٠,٠٤٨	٠,٠٣٤٥	
درجة الوميض (مئوية)	المفتوحة المغلقة	١٥٠	١٣٥	١٦٨	
نسبة الماء (دينواستارك)		صفر	صفر	صفر	
درجة الاشتعال (م)		١٦٠	١٤٥	١٧٠	
رقم التصبن saponic no					
قيمة حرارية (ك.ك/كجم)					
نسبة الكبريت sulpher					
الرماد ash					
الكربون carbon		لا يوجد	يوجد	لا يوجد	
الرواسب والشوائب		لا	توجد	لا	
الرائحة smill		لا	محروق	لا	
جهد انهيار (ك .ف./٢.٥مم)		٦٠	٣٠.٦	٥٠	
ظل زاوية العزل (٪) tan h	عند ٢٠ م عند ٧٠ م	٠,٠٤ ٠,٣١	٠,٠٥ ٠,٣٤	٠,٠٤ ٠,٣١	
صلاحية العينة		مطابقة	غير	مطابقة	

لذلك هو الغازات المذابة فيه وهو ما يمكن تحديده على النحو التالى :

١- الهيدروجين HYDROGEN H2 وعادة يحدث فى درجات الحرارة المنخفضة مسببا ظاهرة الكورونا .

٢- الميثان METHAN CH4

٣- الاستيلين ACETYLINE C2H2 وينتج عن الشرارة الكهربية فى ألاف الدرجات المئوية.

٤- اول اكسيد الكربون Carbon Monoxide CO

٥- ثانى اكسيد الكربون Carbon Deoxide CO2

٦- الايثان Ethan C2H6

٧- الاثيلين Ethenlene C2H4 ويحدث عند البقع عالية الحرارة حتى ١٠٠٠ درجة مئوية.

وقد توصل العلماء الى تحديد درجة تقادم زيت المحولات طبقا للغازات المذابة فى الزيت واستطاعوا تصنيفها الى ثلاث مستويات هى:

١- الدرجة الاولى وهى عندما يتواجد عنصرى الاستيلين والاثيلين.

٢- الدرجة الثانية وعندها تظهر فى التحليل الكيميائى غازات الميثان والهيدروجين.

٣- الدرجة الثالثة والاخيرة وهى اذا ما تواجد غازات الايثلين والايثان.

ويعرض الجدول رقم ٦-٤ نسبة تواجد هذه الغازات مذابة بصفة دائمة وتأثيرها على عمر المحول وذلك من خلال حالتين:

١- حالة تواجد الزيوت فى محولات بها منظم الجهد الحملى وهو محكم الغلق او فى الحالة المماثلة وهى المحولات بدون منظم جهد حملى.

٢- حالة زيوت المحولات فى محولات بها منظم جهد حملى وهى غير محكمة الغلق اى أن تأثير الهواء الجوى عالى عليها وهذه البيانات تحدد النسبة العادية والمسموح بها فى زيوت المحولات عالميا.

ثالثا : اسلوب تنقية الزيت PURIFICATION CONCEPT

تختلف تقنيات تكرير زيوت المحولات باختلاف العيب الملوث له ولذلك يجب استخدام الاسلوب المناسب لكل نوعية تلوثية ولا يجوز الاكثار من اعمال التكرير باستمرار لتكون متكاملة لما فيه

جدول رقم ٦-٤: بيان بالغازات المذابة فى زيوت المحولات فى الحدود المعتادة

الغاز المذاب (جزء/ المليون)	عمر المحول (سنه)					
	جديد		٦ - ١٠		١٥	
	حالة ١	حالة ٢	حالة ١	حالة ٢	حالة ١	حالة ٢
الهيدروجين	١٠٠-١٣٤	٢٠٠-٢٨٥	١٠٠	٢٠٠	١٠٠	٣٠٠
ثانى اكسيد الكربون	٤٥٠٠-١٨٠٠٠	٤٢٥٠-٢٠٠٠٠	٩٠٠٠	٩٠٠٠	١٥٠٠٠	١٠٠٠٠
اول اكسيد الكربون	٧٨٠-٢٠٠٠	٦٧٠-٢٠٠٠	٧٠٠	٧٠٠	١٥٠٠	١٠٠٠
الميثان	١٢٥-٢٢٥	١٠٠-٢٠٠	٤٠	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠
الايثان	٧١-٢٢٥	١٣٣-٢٧٠	٤٠	١٠٠	٢٠٠	٢٠٠
الاثيلين	٤٥-٢٠٠	١٤٥-٢٥٠	١٠٠	٣٠٠	٢٠٠	٣٠٠
الاستيلين	٣-٢٠	١٤٣-٣٣٠	١٠	٢٠٠	٥٠	٣٠٠

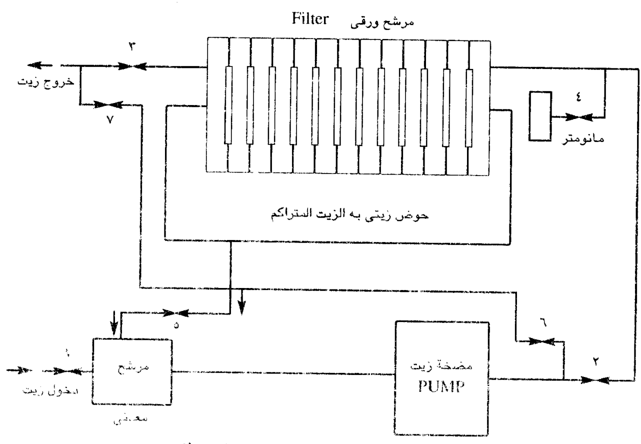
من مجهود واستهلاك للطاقة والمعدات والادوات اى بمعنى يلزمنا بترشيد عمليات التكرير للحصول على افضل النتائج فى اقل مده وبابسط اسلوب وتتلخص الانواع المتبعة لتنقية زيت المحولات فى اربع اتجاهات:

١- التخلص من الرواسب والعوالق IMPURITIES

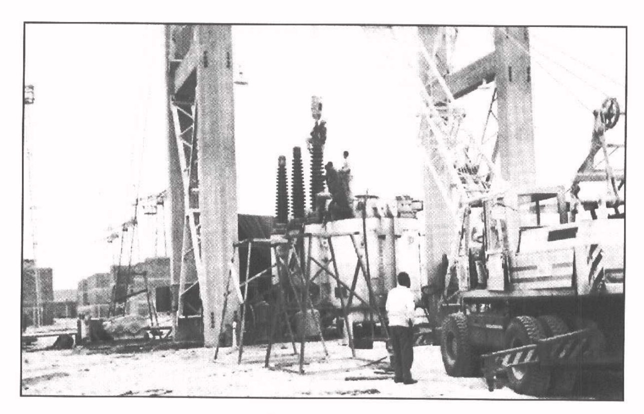
يمكن التعرف على الرواسب والعوالق بعد اخذ عينة الزيت مباشرة بغلقها تماما حتى لا تتعرض للرطوبة ثم قلب الزجاجة فتظهر العوالق مرئية وقد لا نحتاج انتظار نتائج الاختبار بل يجب التخلص مباشرة من الرواسب والعوالق الى أن نحصل على النتائج المعملية ، وفى حالة العوالق نحتاج الى مرشحات الزيت Paper Filter وهو ما يعنى مرشح ورقى والذى يعتبر من ابسط النظم المستخدمة فى هذا المجال ويتم ذلك من خلال دورة ترشيح الزيت (الشكل رقم ٦-٨) ومن الممكن ايضا الاستعانة بها عند نقل زيت المحول من تانك الى أخر او الى محول وهكذا ، ويقوم الجهاز بفصل الشوائب والعوالق عن الزيت بمنعها من المرور وتتكون دورة الترشيح من:

١ - مرشح معدنى Metalic Filter وهو عبارة عن شبكة معدنية مثل تلك المستخدمة لزيوت المحركات لمنع الاجسام الصلبة من المرور وموقعة فى بداية الدورة عند مدخل الزيت.

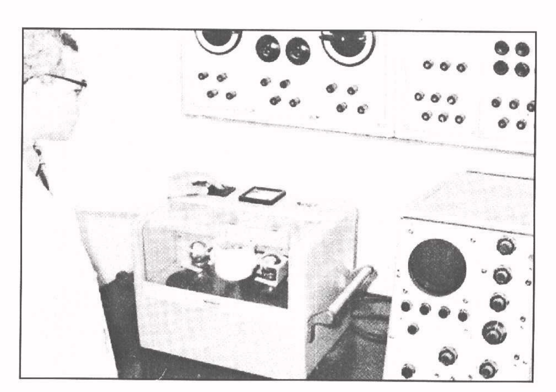
ب - مضخة زيت Oil Pump وتعمل بالكهرباء بقدرة ٢.٨ ك.و. بسرعة دورانية ١٤٢٠ لفة فى الدقيقة بطاقة سحب قدرها ٣٠٠ لتر فى الساعة ويصل ضغط الخروج الى ٤ - ٥ كجم/سم٢.



الشكل رقم ٦-٨: دورة ترشيح زيت المحولات



الشكل رقم (٦ - ١)



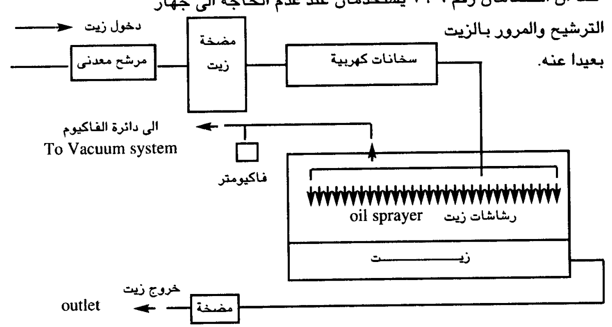
الشكل رقم (٦ - ١٢)

ج – وعاء الترشيح الورقى Paper Filter Frame ويتكون من ١١ أطار (برواز) فارغ من البكاليت يليها بالتبادل عدد ١٠ ألواح يتم تركيبها بالتبادل مع الاطار على آن يفصل بينهما ورق الترشيح المقوى بالخيوط القطرية الواصلة بين الاركان لرفع قدرة تحمله لضغط الزيت اثناء مروره بالجهاز ويوضع هذا الوعاء داخل حوض زيتى يستقبل الفاقد من الوعاء من خلال طبة (فتحة) تصل الى بداية الدورة باستخدام صمام خاص بذلك وبذلك تعادل مساحة الترشيح ٢,٢متر مربع ، كما يستخدم مانومتر لقياس الضغط فى الدورة وهذه بدورها اما ان تكون دورة مفتوحة open وتصلح للزيوت السليمة عند نقلها من مكان الى آخر أو مغلقة closed لاعمال التكرير.

د – ورق الترشيح Paper وله مواصفات خاصة نوجز اهمها:

* وزن الورقة = ٢٦١ – ٢٨٩ جم / م٢
* قوة تحمل الضغط = لا يقل عن ١ كجم / سم٢
* القدرة على الامتصاص (يقاس بارتفاع المياه فى الورقة بعد ١٠ دقائق) = ٥٠ مم
* تواجد الكلور غير مسموح
* عرض الخيوط القطرية = ٦٠ + ١ سم
* وزن المتر المربع من الخيوط = ٤١٠ + ٢٠ جم
* قوة تحمل الخيوط مقاس ٥٠ × ٢٠٠ مم = لا تقل عن٦٣٠ كجم
* قوة تحمل الورق عند ٩٠ م = ٥ كجم/سم٢

اما عن الصمامات المختلفة فى دورة الترشيح فنجد ارقام ١ ، ٢ ، ٣ تعمل مع دورة الترشيح المعتادة اما رقم ٤ يخصص لقياس الضغط ورقم ٥ لاعادة الزيت المتسرب من المرشح الورقى كما أن الصمامان رقم ٦ ، ٧ يستخدمان عند عدم الحاجة الى جهاز الترشيح والمرور بالزيت بعيدا عنه.



الشكل رقم ٦-٩: دائرة الفصل المائى من زيوت المحولات

٢- الفصل المائى WATER SEPARATION

يعتبر الفصل المائى عن زيت المحولات واخراجة بعيدا من اهم العمليات الحيوية التى تسهم بشكل فعال فى رفع قيمة الزيت وتعتمد تقنية الفصل على اختلاف درجتى حرارة الغليان لكل منهما (درجة حرارة غليان الماء هى ١٠٠ م) فيتم فيها تسخين الزيت (درجة حرارة غليان الزيت اكثر بكثير عن الماء) بمحتواه (الشكل رقم ٦-٩) ثم رشه رزازا داخل خزان تحت تأثير الفاكيوم (الشفط) فتتأثر الابخرة ويتم سحب بخار الماء (رزازا) الى دائرة الفاكيوم فنتلخص من الماء.

٣- التجديد الكيميائى لخواص الزيت RENEWING

بناءا على ماسبق شرحه من تواجد الغازات المذابة فى زيوت المحولات حيث تبين ان عمر المحول يؤثر فى خواص تواجد وظهور هذه الغازات فيه الا ان هذه النسبة التواجدية تعتمد ايضا على قيمة الجهد التشغيلى كما هو مجدول فى الجدول رقم ٦-٥ ، وتعطى النتائج هنا من واقع عينات عديدة تم اختبارها ونشرت احصائيتها على المستوى الدولى وهى تبين الحدود التواجدية للغازات المذابة وعلاقتها الاحتمالية مع نوع الخطأ اذا ما كان شرارى او نتيجة لتواجد النقاط الساخنة فى الزيت ومن القراءات العديدة للغازات هذه نستطيع تشخيص العيب او العيوب الموجودة فى المحول ذاته وهذه هى الاسباب التى تجعلنا نعمل على التجديد الكيميائى المستمر للزيوت حفاظا على النطاق المحدود لعملها بغازات مذابة.

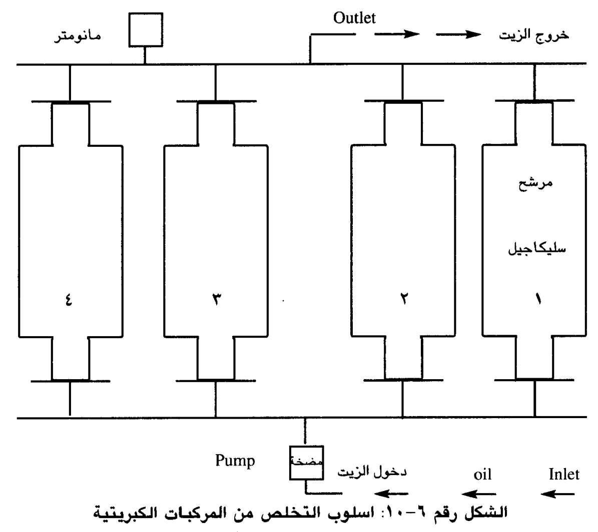
نظرا لتواجد المركبات الكيميائية مثل الكبريت وغيرها فى زيوت المحولات وهى التى تنشأ مع التقادم فنحتاج عندئذ الى تجديد العناصر داخل الزيت ونستطيع اجراء هذا التجديد من خلال دورة بسيطة (الشكل رقم ٦-١٠) حيث يمر الزيت على مرشح مملوء بالسليكاجيل فى دورة مغلقة حتى

جدول رقم ٦-٥: الحدود المقبولة والخطرة لتواجد بعض الغازات المذابة فى زيوت المحولات عند الجهود التشغيلية المختلفة

نوع السبب		شرارى		نقاط ساخنة	
الغاز (جزء/مليون)	الجهد (ك.ف.)	المعتادة	الخطرة	المعتادة	الخطرة
الهيدروجين	١٢٠ ٢٠٠ – ٣٥٠ ٧٠٠	١٠٠ – ١٨٠ ١٠٠٠–٥٠٠٠ ٨٠ – ١٨٠	٢٠ – ١٠٠٠ ١٠–٣٠٠ ١٠٠ – ٣٠٠	٢٨٠ – ٧٠٠ ١٠٠٠–٣٠٠٠ ٨٠ – ١٥٠	٢٠٠ – ١٠٠٠ ٣٠٠ ٢٠٠ – ٤٠٠
الاستيلين	١٢٠ ٢٠٠ – ٣٥٠ ٧٠٠	٨٠ – ٢٨٠ ١٠–١٠٠ ٧٠ – ١٥٠	١٠ – ٢٠ ١٠–٣٠٠ ٣٠ – ٣٠٠	١٠ – ٤٠ ٢–٥ ٤ – ١٨	٢٠ – ٤٠٠ ٥–١٠ ٥ – ٢٠٠
الاثيلين	١٢٠ ٢٠٠ – ٣٥٠ ٧٠٠	٥٠ – ٢٥٠ ١٥–٥٠ ٣٥ – ٥٠	٢٠ – ٢٠٠ ١٠–٣٠٠ ١٠ – ٣٠٠	٤٠٠ – ٢٠٠٠ ٢٥٠–٥٠٠ ٤٥٠ – ٨٠٠	١٠٠٠ ٣٠–٤٠٠ ٥٠٠٠

تمتص السليكاجيل كل المركبات الكبريتية واذا كانت حالة الزيت سيئة فتعالج بتركيب اكثر من مرشح سليكاجيلى على التوازى ، وجدير بالذكر ان ضغط الزيت فى هذه الدورة لا يؤثر على اى نقاط ضعيفة فيمكن رفعه دون ضرر الا ان البطء فى الدورة هو المفضل حتى نحصل على اكبر قدرة للامتصاص والاسراع من عملية تطهير الزيت .

كما يمكننا جمع كل الاساليب السابق شرحها على التوالى فى دورة واحدة متكاملة شاملة وفيها توصيلات الصمامات التى تساعدنا على اختيار الكل او الجزء المحدد المرغوب فى استعماله وهى ما تعرف باسم ماكينة التكرير والموضح لنا ذلك الرسم التخطيطى لها فى (الشكل رقم ٦-١١)



الشكل رقم ٦-١٠: اسلوب التخلص من المركبات الكبريتية

حيث نجد اننا دائما نبدأ الدورة التكريرية بالمرشح الورقى قبل أى نوع آخر والصمامات يمكن أن تحدد مسار الزيت فندخل أى من الانواع المطلوبة لتنقية الزيت.

٤- الطرد المركزى CENTERFUGAL

نستعين بنظرية القوة الطاردة المركزية فى العديد من الاعمال مثل منتجات الالبان وفى العاب الدراجات البخارية فى السيرك ايضا حيث ان الحركة الدورانية تقذف بالاوزان المختلفة الى الخارج على ابعاد متباينة ولهذا يمكننا الاستعانة بها فى الفصل بين السوائل والمواد فى زيوت

خروج الزيت

دائرة الترشح الورقى

دائرة مرشح الامتصاص

دخول الزيت

دائرة الفصل المائى

التسخين الكهربى

الشكل رقم ٦-١١: الدائرة الشاملة لتكرير زيت المحولات (دورة ماكينة التكرير)

المحولات ومن اهم الفوائد هنا الفصل المائى وتتميز ماكينات الطرد المركزى بما يلى:

١- زيادة معامل الفصل بين السوائل.

٢- رفع معدل الانتاجية لقدرتها الهائلة.

٣- بساطة التشغيل.

٤- التركيز على التوزيع الانتشارى.

٥- امكانية تغيير نظام العمل (دورى - غير منتظم).

٦- ابعاده قليلة ومواصفاته بسيطة اهمها:

* الابعاد ١,٢ × ١,٢٢٥ × ١,٣٩٥ متر مكعب.

* الوزن حوالى ٧١٠ كجم

* قدرة جهاز الفصل ٤,٥ ك.و. (٣٨٠/٢٢٠ف. - ١٤٤٠/٦٦٠٠ لفه / دقيقة).

* قدرة السخان ٤٠ كيلووات.

وتظهر هنا ايضا أهمية التسخين للاسراع من الفصل بين الزيت النقى والمياه وهى بذلك تعمل على:

اولا : تخليص المواد اللزجة من الصلبة.

ثانيا : الفصل بين المواد المركزة والمتناثرة بمعامل فصل قدره ١,٣٤ × $(١٠)^{٩}$ جزىء/ثانية.

كما توجد ايضا حدودا قياسية لبعض الاختبارات من الناحية الكيميائية كما هو موضح فى الجدول رقم ٦-٦.

جدول رقم ٦-٦: الحدود القياسية لبعض الاختبارات الكيميائية الهامة

البيـــــان	الحـــــدود
رقم الحموضة	لا يزيد عن ٠,٤ مجم بوايد / جم
غازات مذابة	لا تزيد عن ٠,٠١ مجم بوايد
درجة الوميض	لا تقل عن ١٣٠ درجة مئوية
كربون	الا يوجد اطلاقا

اضافة الى الحدود الاختبارية للمحولات او الممانعات الزيتية من الناحية الكهربية فقد ادراجها كذلك الجدول رقم ٦-٧.

جدول رقم ٦-٧: حدود الاختبارات الكهربية للمحولات والممانعات الزيتية

البيان الجهد (ك.ف.)	الحـــــدود	
	زاوية العزل	جهد الانهيار الاختبارى
محولات ١٣٢/٥٠٠	لا تزيد عن ٠,٥ ٪(٢٠م) لا تزيد عن ٤,٥٪(٧٠ م)	لا يقل عن ٥٠ ك.ف./٢,٥مم
ممانعة ٥٠٠	لا تزيد عن ٠,٦ ٪(٢٠م) لا تزيد عن ٤,٨٪(٧٠ م)	لا يقل عن ٤٥ ك.ف./٢,٥مم

يتم اختبار جهد الانهيار لزيوت المحولات بالموقع باستخدام الجهاز الخاص بذلك والموضح فى الشكل رقم ٦-١٢(ص١٠٩) حيث يتكون من بوتقة من البورسلين الابيض او الصينى وهو الوعاء الذى يحتوى الزيت المختبر بينما يوجد بداخلة قطبين من النحاس على شكل نصف كروى (قطر ٢٥ مم) بينهما مسافة قياسية ٢,٥مم نستطيع تحديدها بدقة بمساعدة الشريحة ٢,٥مم المخصصة لذلك وذلك بامرارها بين القطبين لضبط المسافة ، ويجرى الاختبار بسهولة تامة ويعمل الجهاز من الجهد ٢٢٠ فولت المعتاد كمصدر تغذية ويرتفع فيه الجهد للاختبار تلقائيا بمعدل ٣ ك.ف. / ثانية لانه يحتوى على محرك حتى لا تتأثر النتائج بمعدل ارتفاع الجهد وقدره هذا الجهاز ٢٥٠ ف.أ. كما انه يفصل اوتوماتيكيا اذا ما وصل الجهد الى ٦٠ ك.ف. دون انهيار الزيت اضافة الى الفصل التلقائى عند حدوث ايه شرارة (انهيار) عند اى جهد أخر والتعامل مع هذا الجهاز يستلزم الاتى:

١- يجب تقليب الزيت قبل الاختبار بمدة كافية وان تكون الاقطاب مغمورة تماما فى الزيت الى اكثر من ١٠ - ١٥ مم

٢- الانتظار حتى يستقر الزيت بعد التقليب لمدة لا تقل عن ١٠ - ١٥ دقيقة لاخراج ايه فقاعات هوائية فى الزيت.

٣- اداء الاختبار بمحرك ليكون رفع الجهد أليا بانتظام بمعدل ٢ - ٥ ك.ف. / ثانيه.

٤- تقليب الزيت بعد كل اختبار والانتظار المده المقررة كل مرة

٥- تكرار الاختبار عده مرات (من ٥ الى ٦ مرات)

٦- تستبعد ايه قراءة شاذة

٧- يؤخذ متوسط للقراءات.

اما عن الصيانة الدورية والتى تتم مره سنويا فتشمل بعضا من الاعمال الخفيفة كما يلى :

١- اخذ عينة الزيت للاختبار.

٢- التأكد من سلامة عازلات الاختراق (عازلات وموصلات وتربيط) واستبدال التالف.

٣- تنظيف شامل للمحول وملحقاته.

٤- منع اى رشح زيتى بالوسائل الهندسية الصحيحة.

٥- التأكد من سلامة مضخات الزيت ومراوح التبريد.

٦- اجراء الاختبارات الدورية.

الفصل السابع
الصيانة الجسيمة للمحولات



الصيانة الجسيمة للمحولات

CAPITAL MAINTENANCE

تختلف الصيانة الجسيمة عن تلك الدورية او الطارئة فى انها تكون شاملة جميع انواع اعمال الصيانة على كافة الاجزاء الظاهرية او الداخلية صغيرة كانت ام كبيرة ولذلك فقد تم تخصيص هذا الفصل لإلقاء نظرة فاحصة بعين هندسية على اسس التعامل معها وطرق التغلب عليها وذلك من خلال استراتيجية ثابتة لتتابع الخطوات الهندسية باسلوب منسق على مستوى فنى سليم وهى الخطوة الاولى التى يتم من خلالها نقل المحول من موقعه الى مكان اجراء الصيانة (الورشة) وكلها من الاعمال التجهيزية ولكنها تدخل فى نطاق اعمال الصيانة الفعلية .

٧-١: جر المحولات PULLING

قبل ان ندخل فى تفاصيل عملية جر المحول نود اضافة فقرة مبسطة عن نقل المحول حيث يتم فصل الجزء الفعال عن باقى الاجزاء الملحقة ويتم نقل الجزء الفعال من المصنع منفردا حيث يغلق ويتم توصيله بتانك نيتروجين جاف مضغوط حوالى بقدر ٠,١ مع مراعاة تثبيته اثناء النقل مع الاتزيد زاوية الميل عن ٢٥ فى الشحن او تبعا لتعليمات المصنع بينما تنقل باقى الاجراء مستقلة ، كما نؤكد على ضرورة الرجوع الى الكتالوجات الخاصة بالنقل والشحن سواء بحريا او بريا والنقل على المقطورة البرية او استخدام الاوناش المناسبة حتى بداية مسار خط السكك الحديدية فى محطة الكهرباء ليتحرك بعد ذلك باسلوب الجر وهو موضوع البند الحالى.

اولا: تجهيز المحول لعملية الجر PREPARATION

تتلخص هذه المرحلة فى عدد من الخطوات الاساسية كما يلى:

١- فصل المحول كهربيا Electric Separation

يعنى الفصل الكهربى وهو ما يفيد قطع نقاط الاتصال الكهربى وذلك متاحا من خلال :

* فصل المحول عن الشبكة كهربيا بالاستعانة بالمفاتيح والسكاكين الكهربية من خلال مناورة كاملة متكاملة.

* فصل اطراف المحول الكهربية ميكانيكيا من جميع الجهات كما هو موضح فى الشكل رقم ٧-١ (ص١٢٧) فنرى فصل كل الاطراف الخاصة بعازلات الاختراق ماعدا نقطة التعادل حيث يلزم ايضا فصلها.

٢- فصل المحول ميكانيكيا Mechanical Separation

يعنى هذا الموضوع فصل جميع نقاط الاتصال والربط الميكانيكى بين الجزء الفعال وأيه اجزاء أخرى لن تتحرك مع الجزء الفعال من المحول ويتم ذلك بخطوات هى :

* تقليل مستوى الزيت فى تانك المحول حتى تحت سطح الغطاء بشرط ان يكون اعلى من القلب الحديدى والملفات.

* تقليل مستوى الزيت فى تانك المحول حتى تحت سطح الغطاء بشرط ان يكون اعلى من القلب الحديدى والملفات.

* فصل الخزان العلوى وماسورة الانفجار وتغطية مكانهما بفلنشات مناسبة.

* فصل مواسير التبريد السفلية والعلوية حيث يعرض الشكل رقم ٧-١ (ص١٢٧) أحد مواسير التبريد العلوية قبل الفك

* أخذ عينات زيت للاختبار.

* التأكد من الفصل التام بين الجزء الذى سيتم جره وباقى الاجزاء.

ثانيا: خطوات الجر الكهربى STEPS

تنقسم عملية الجر الكهربى الى عدة مراحل طبقا للترتيب التالى:

١- رفع اللينات من تحت عجلات المحول باستخدام مجموعة الكوريك.

٢- نظافة القضبان الحديدية ومن حولها على طول مسار الجر.

٣- جر المحول من داخل الخلية الخاصة به وحتى مركز التقاطع مع القضبان الرئيسية بطول المحطة.

٤- تغيير اتجاه عجلات المحول باستخدام مجموعة الكواريك ٥٠ طن ورفع المحول.

٥- تغيير اتجاة الوصلات الحديدية للقضبان فى نقطة التقاطع.

٦- جر المحول على القضبان الرئيسية.

٧- تغيير موقع ونش الجر الكهربى.

٨- استكمال الجر حتى الموقع المطلوب.

وهذه المراحل فيها الاعمال التقنية عالية المستوى وتتمثل اغلبها فى تثبيت العجلات والرفع بالكوريك وتحديد كل مشوار وفى تغيير اتجاة عجلات المحول.

٧-٢: التسخين الكهربى ELECTRIC HEATING

من حيث المبدأ نحتاج الى ايضاح سبب اللجوء الى التسخين ومن ثم ننطلق نحو الدائرة الكهربية وشرحها حتى تصبح اركان هذه الجزئية معلومة للمهندس المتخصص ونورد هذا فى الفقرات التالية:

اولا: اسباب التسخين الكهربى REASONS

تعنى الصيانة الجسيمة فتح المحول ورفع الغطاء وكشف الملفات والعازلات المحيطة والمشبعة بزيت المحولات وهنا يكمن لب عملية التسخين حيث ان الاشعاع الحرارى ينتقل من المكان مرتفع الحرارة الى المناطق المجاورة الاقل حرارة ولذلك يعتبر تواجد جهاز قياس الرطوبة النسبية فى موقع المحول اثناء عملية الصيانة من اول الاساسيات المطلوبة عند التجهيز، لذلك يلزم اختيار التوقيت الزمنى المناسب للقيام باعمال الصيانة الداخلية ونحن فى مصر كمناخ معروف بالرطوبة النسبية العالية خصوصا فى فترات الصيف ولهذا نستبعد شهور يونية ويوليو واغسطس اضافة الى مايو بينما نجد شهر ديسمبر او يناير او فبراير اكثر ملائمة من ناحية اخرى.

على الجانب الاخر يكون الاشعاع الحرارى من المرتفع حراريا الى الخارج ويكون تسخين الملفات اساسا لتكون هى مشعة الحرارة لا امتصاصها بشرط ان تتم اعمال الصيانة قبل انخفاض درجة الحرارة المرتفعة، اما عن الحفاظ على عدم انخفاض درجة الحرارة بسرعة اى تعطى فرصة للعمل اطول فترة ممكنة فنستخدم تاندة مصنعة وعليها غطاء كما نراها فى الشكل رقم ٧-٢ (ص١٢٧) حيث نجد انها تمثل قاعة مغلقة حول جسم المحول واذا كانت ورشة المحولات داخلية Indoor فتصبح هذه العملية ابسط اضافة الى انه يجب استكمال التسخين كلما طالت فترة العمل كقاعدة ومبدأ للحفاظ على اتجاه الاشعاع الحرارى من الملفات الى الخارج فقط.

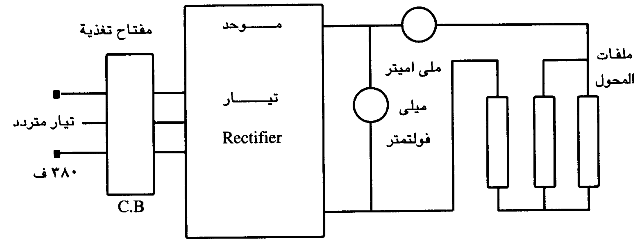
ثانيا: دائرة التسخين CIRCUIT

يتم تسخين المحول من خلال طريقتين:

* تسخين داخلى للملفات.
* تسخين خارجى تحت المحول (مساعد)

وتعمل دوائر التسخين بالتيار المستمر D.C وذلك باستغلال ملفات المحول ذاته كما هو موضح فى الشكل رقم ٧-٣ حيث يتم توجية الجهد على ملفات الجهد العالى مع القصر على ملفات الجهد المنخفض كما يركب جهازى قياس الجهد والتيار المستمر كما فى الرسم وتكون الاستفادة من منبع التيار ٥٠ هيرتز وتحويلة الى مستمر باستخدام موحد التيار.

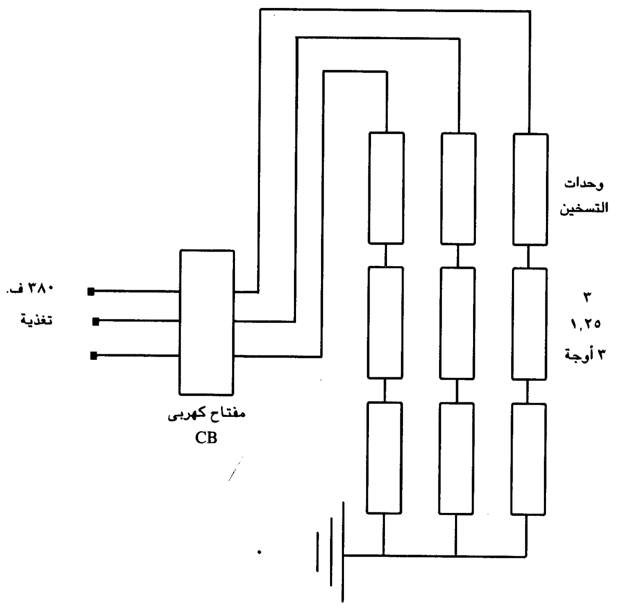
كذلك قد لا تكفى هذه الدائرة لتسخين الملفات حتى الدرجة المطلوبة فتقل الطاقة الحرارية النهائية ولذلك نحتاج الى الاستعانة بدائرة التسخين الخارجى من خلال سخانات كهربية تحت المحول ويعطى (الشكل رقم ٧-٤) الدائرة الكهربية الخاصة بهذا النوع من التسخين على ان توضع تحت السخانات الواح اسبستوس لمنع فقدان الحرارة الى الارض، بذلك نكون قد رفعنا معدل



الشكل رقم ٧-٣: الدائرة الكهربية لتسخين ملفات المحول بالتيار المستمر

ارتفاع درجة الحرارة ونصل الى درجة الحرارة المطلوبة فى اقصر وقت ممكن بالاضافة الى اننا سوف نحتاج الى هذا النوع من التسخين اثناء اجراء الصيانة الداخلية للحفاظ على مستوى الاشعاع الحرارى من ملفات المحول وكذلك اذا ما طالت فترة الصيانة لاى مشاكل غير متوقعة

حيث ان عملية التسخين تستغرق ٤٨ ساعة متواصلة فى البداية وقبل رفع غطاء المحول مباشرة لاجراء اعمال الصيانة الداخلية.



الشكل رقم ٧-٤: الدائرة الكهربية لسخانات التيار المتردد

٧-٣: الصيانة الداخلية INTERNAL MAINTENANCE

تتمثل الصيانة الداخلية فى كل الاجراءات والاعمال الخاصة بفتح المحول أى رفع الغطاء ثم اجراء الصيانة واعادة الغطاء كما كان وهذه الصيانة تمر بمراحل متتالية نوجزها فيما يلى:

اولا: فك مغير الجهد TAP CHANGER

مغير الجهد من اكثر الاجزاء حساسية ويحتاج الى الاهتمام من خلال الخطوات التالية :

١- سحب الزيت الموجود به.

٢- فك الجزء المتحرك من منظم الجهد وهى عملية بسيطة فى الفك ولكنها دقيقة عند اعادة تركيبة بعد اجراء الصيانة على الملفات الخاصة بمنظم الجهد وهذه العملية لا تحتاج الى

العمالة الكثيرة بل تلك المدربة.

ثانيا: خفض مستوى الزيت OIL LEVEL

يلزم عزل الجزء الفعال من المحول بدون الخزان حتى ينقل الى الورشة وهذا يتبع النقاط الآتية :

١- انزال مستوى الزيت فى تانك المحول تحت السطح من اجل تشغيل دائرة التسخين بالتيار المستمر.

٢- فك ماسورة الانفجار وسد مكانها بفلنشة مناسبة.

٣- فك خزان التمدد وحوامله وجهاز البوخلز.

ثالثا: تسخين ملفات المحول WINDING HEATING

من أجل الحفاظ على درجة حرارة المحول وملفاته عالية يكون من الضرورى اجراء التسخين له من خلال :

١- تركيب منفس سليكاجيلى خصيصا فوق سطح المحول.

٢- تركيب مبين لمستوى الزيت داخل تانك المحول بناءا على نظرية الاوانى المستطرقة.

٣- تركيب وتشغيل دائرة التسخين الكهربى بالتيار المستمر.

رابعا: فك عازلات الاختراق حتى ٦٦ك.ف. BUSHINGS UP TO 66 KV

تمثل عازلات الاختراق عموما عائقا هندسيا اثناء عملية الصيانة الداخلية فتظهر أهمية فكها كما يلى :

١- ايقاف التسخين

٢- فك عازلات اختراق ١١ ك.ف. ونقطة التعادل.

٣- فك عازلات اختراق ٦٦ ك.ف.

٤- فك اجهزة البوخلز على منظم الجهد.

٥- تغيير جوانات فلنشات منظم الجهد.

٦- تشغيل سخانات التيار المتردد تحت المحول لمدة يومين على الأقل .

خامسا: فك عازلات الاختراق ٢٢٠ ك.ف. BUSHINGS 220 KV

نتعامل مع عازلات الاختراق للجهد العالى بالمثل كما كان فى البند رابعا وبالخطوات التالية :

١- سحب الزيت من المحول فى مدة لا تزيد عن ساعة واحدة.

٢- فك اطراف عازلات الاختراق الكهربية من الداخل.

٣- فك الربط الميكانيكى لعازلات الاختراق (الفلنشات).

٤- اعداد الونش كما هو مبين فى الشكل رقم ٧-٢ مع قواعد العازلات.

٥- رفع عازلات الاختراق ووضعها على الكراسى المخصصة لها بالشكل رقم ٧-٥ (ص١٢٩).

٦- اختبار العزل الداخلى بطريقة قياس حيز الاستقطاب Polarization Spectrum بجهد مستمر (٢ - ٢,٥ ك.ف.) لمدة ساعتين ثم فصله وقياس الجهد المتبقى Residual Value ويجب التنوية فى هذه الحالة عن بعض الاحتياطات الهندسية المطلوبة عند التعامل مع عازلات الاختراق على وجة العموم وهى:

(أ) بالنسبة لعازلات الاختراق جهد ٥٠٠ ، ٢٢٠ ، ١٣٢ ك.ف. ذوى خزان زيت مضغوط يلزم التأكد دائما من ان كلا من صمامى العازل وخزان الزيت المرافق مفتوحين باستمرار سواء وقت التخزين أو التركيب أو النقل أو التشغيل.

جدول رقم ٧-١: أختبار عزل عازلات الاختراق

جهد التشغيل (ك. ف.)	معامل العزل (٪)	مقاومة العزل (ميجا أوم)	الدورة الاختبارية (سنويا)
٥٠٠	لا يقل عن ١	لا تقل عن ١٠٠	مرة سنويا
٢٢٠ - ١٣٢	لايقل عن ١,٢	لاتقل عن ١٠٠	مرة سنويا
٦٦	لا يقل عن ٥	لا تقل عن ١٠٠	مرة سنويا

(ب) تركيب عازلات الاختراق الجديدة طبقا للخطوات التالية:

* نقل الطرد افقيا.
* فتح الطرد
* اخراج تانك الضغط المرافق مفتوح الصمام.
* تغيير ماسورة الوصل بين العازل وخزان الزيت باخرى طويلة حوالى ١٢ م لمواكبة اعمال النقل والرفع فى مدة اقصاها ١٠ دقائق.
* فك الوصلة العلوية
* تركيب العازل على الكرسى المخصص له
* تركيب الوصلة السفلية وربطها جيدا
* رفع العازل وتركيبة فى مكانه على سطح المحول.
* اختبار العازل ذاته استنادا الى مواصفات الاختبار كما هى محددة فى الجدول رقم ٧-١ عند درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية.
* أخذ عينة زيت من الخزان للاختبار وهى تتبع القيم الواردة فى الجدول رقم ٧-٢

جدول رقم ٧-٢: أختبار زيت عازلات الاختراق لمحولات ٥٠٠ / ٦٦ ك.ف.

درجة الحرارة (منوية)	معامل فقد العزل (٪)	جهد الاختبار الانهيارى (ك.ف.)
٢٠ م	٠,١٥	لا يقل عن ٥٠
١٠٠ م	١,٥	لايقل عن ٥٠

سادسا: مجموعة العمل فى الصيانة الداخلية WORK GROUPS

نظرا لضرورة انهاء اعمال الصيانة الداخلية بسرعة (٢٤ ساعة) وبالدقة المطلوبة مما يستلزم توزيع الكثافة العمالية فى هذه المرحلة بين مجموعتين على النحو التالى :

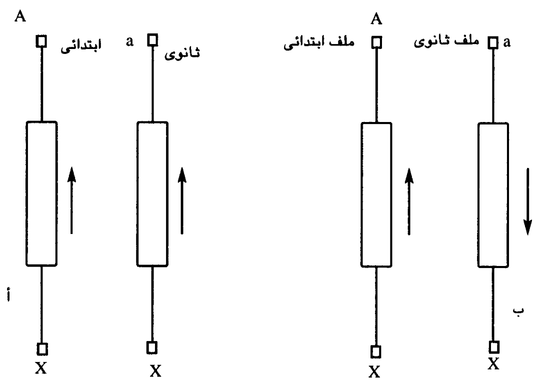
١- مجموعة الملفات WINDING GROUP

بمناسبة التعامل مع ملفات المحولات يلزمنا الرجوع الى اهمية التوصيلات بين اطراف النهايات لهذه الملفات وفى الحقيقة ان هذه الملفات هى التى تنقل التيار من الاول الى الاخر بخاصية التوصيل المغناطيسى من خلال القلب المغناطيسى ويعرض الشكل رقم ٧-٦ الاساس النظرى لهذه النظرية حيث نرى اتجاه التيار ذو تأثير حيوى فى النقل بين الملفات وهذا للملف وحيد الطور Single Phase حيث فى الحالة الاولى يكون التيار الناتج فى نفس الاتجاه الاساسى وتكون الزاوية بين هذين التيارين عبارة عن الزاوية الصفرية In Phase على عكس الشكل ٧-٦ (ب) حيث تصبح الزاوية بين التيارين ١٨٠ درجة Out of Phase ويكون فرق الجهد بين الاطراف لملفات النوع الاول وبين النوع الثانى.

يلزم الان توضيح انه اذا كان لدينا محولين وحيدى الطور ولاحدهما الملفات الواردة فى الشكل ٧-٦ (أ) بينما الثانى له التوصيلات الخاصة بالشكل رقم ٧-٦ (ب) فانه يكون محظورا توصيلهما على التوازى لان التيارين الخارجين من الوجة a يكونان مختلفين ويكون فرق الجهد بينهما هو ضعف أى منهما وبمعنى أخر لابد من توصيل التوازى بين ملفات متشابهة التوصيل والذى ينشأ من اتجاه لف الملف الثانى نسبة الى الاول.

يجب التأكيد على ان التيار ينتقل من ملف الى أخر بنفس الطور أى انه بالنسبة للمحولات ثلاثية الطور يكون هناك ملف لكل وجة فى الناحية الابتدائية وآخر فى الجهة الثانوية وينتقل بينهما التيار اما فى نفس الاتجاة او فى الاتجاة المعاكس وبذلك تظهر حالتين اثنين فقط ولكن باسلوب تقسيم الملف الواحد للوجة الواحد يمكن التوصل الى عددا أكبر من ذلك المحدد فى (الشكل رقم ٧- ٦) ولهذا السبب يقدم الشكل رقم ٧-٧ هذه النوعية من التوصيلات زيادة فى الايضاح.

مع مزيد من التوصيلات المتبادلة مع الملفات الثلاثية بين النجمة والدلتا نصل الى العديد من الزوايا للتيار الخارج فى الملف الثانوى نسبة الى مثيله فى الملف الابتدائى وقد تم عمل هذا النظام باسلوب قياسى عالمى وتم اعتبار خطوة التغير فى قيمة الزاوية هذه هى ٣٠ درجة. وتتحرك داخل المجال الكلى للدوران الكامل وهو ٣٦٠ بخطوة ٣٠ درجة نصل الى ١٢ حالة وهى الحالات المحددة قياسيا لتوصيلات الملفات الخاصة بالمحولات وهى واردة فى (الجدولين رقمى ٧-٣ ، ٧-٤) حيث نشاهد بعض التوصيلات الممكنة وتعرف باسم مجموعة توصيل لملفات المحول وهى مهمة للعمل الصيانى حيث لا يجب استخدام توصيلات محولات على التوازى او توصيل احمال على جهتين لقضبان (رئيسية او فرعية) من محولين مختلفين فى مجموعة التوصيل الملفية.



الشكل رقم ٧-٦: توزيع اتجاه التيارات النسبية فى الملفات

لتسهيل عملية الفهم فقد تم تقسيم المجموعات الاثنى عشر الى قسمين حيث نجد التوصيلات الممكنة وهى نجمة / نجمة او دلتا / دلتا او الدلتا / الزيجزاج فى المجموعة الاولى وهى الواردة فى الجدول رقم ٧-٣ بينما تشمل المجموعة الثانية توصيلات الملفات نجمة / دلتا أو دلتا / نجمة واخيرا النجمة / زيجزاج (الجدول رقم ٧-٤) وكل من هذين القسمين يتفرع الى حالتين الاولى هى اتجاه الملفات الاول والثانية يعكس اتجاه الملف الثانوى ، وهذه المجموعات تشكل الامكانيات القياسية لتصنيع المحولات وهو الامر الذى يجب ان يوضع فى الاعتبار اذا ما كانت هناك حاجة الى التعامل مع اطراف المحولات اثناء الصيانة الداخلية بحيث انه اذا ما حدث خطأ كانت العواقب وخيمة .

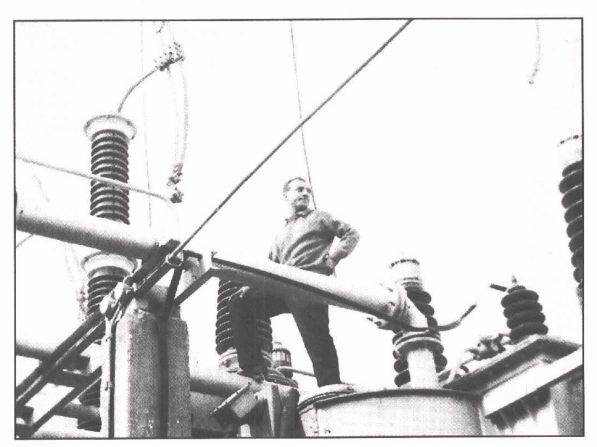
تهتم هذه المجموعة بالتعامل مع الملفات والقلب الحديدى وتقوم ببعض الاعمال الاساسية مثل:

* ربط الملفات مع الارضى باستخدام الدينامومتر.
* قياس عزل الجوايط العازلة
* قياس عزل ملفات الاوجة باستخدام الميجر ٢,٥ك.ف. والمقارنة مع نتائج المصنع والاختبارات السابقة.
* اختبار عزل اسطوانات حماية عازلات الاختراق داخل المحول والتأكيد عليها كذلك بعد تركيب غطاء المحول.

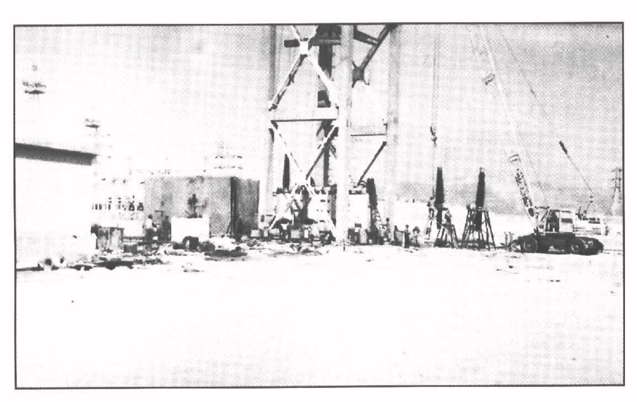
٢- مجموعة الجوانات OIL SEALING GROUP

تقوم هذه المجموعة بكل الاعمال ذات العلاقة مع التسريب الزيتى ولذلك ينحصر عملها فى:

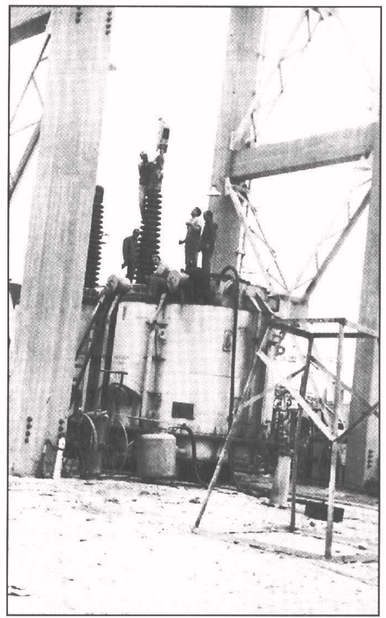
* مراجعة كل الجوانات وتغيير اللازم منها.



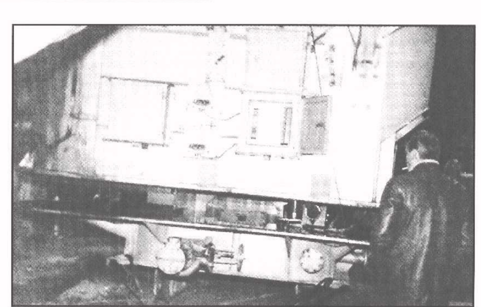
الشكل رقم (٧ - ١)



الشكل رقم (٧ - ٢)

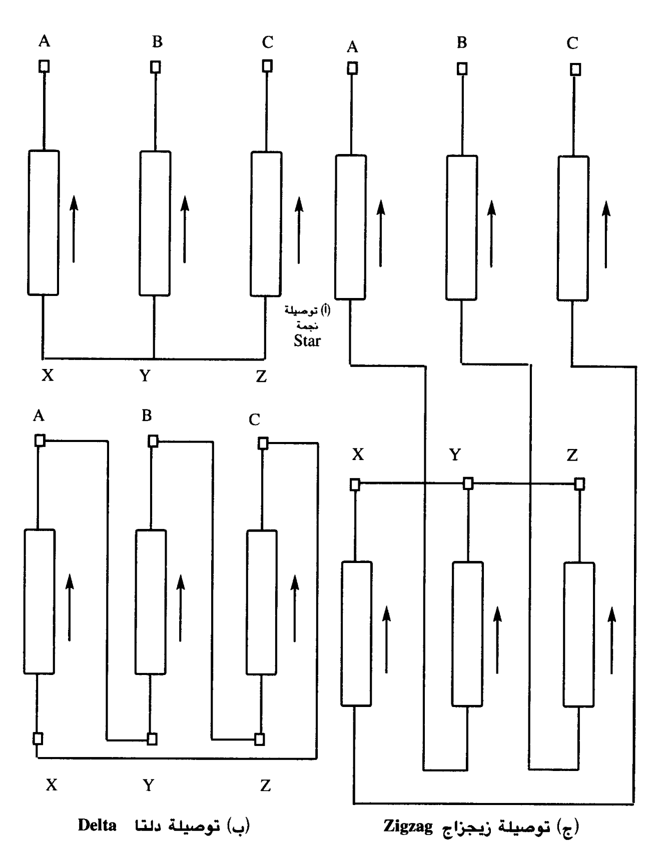


الشكل رقم (٧ - ٥)



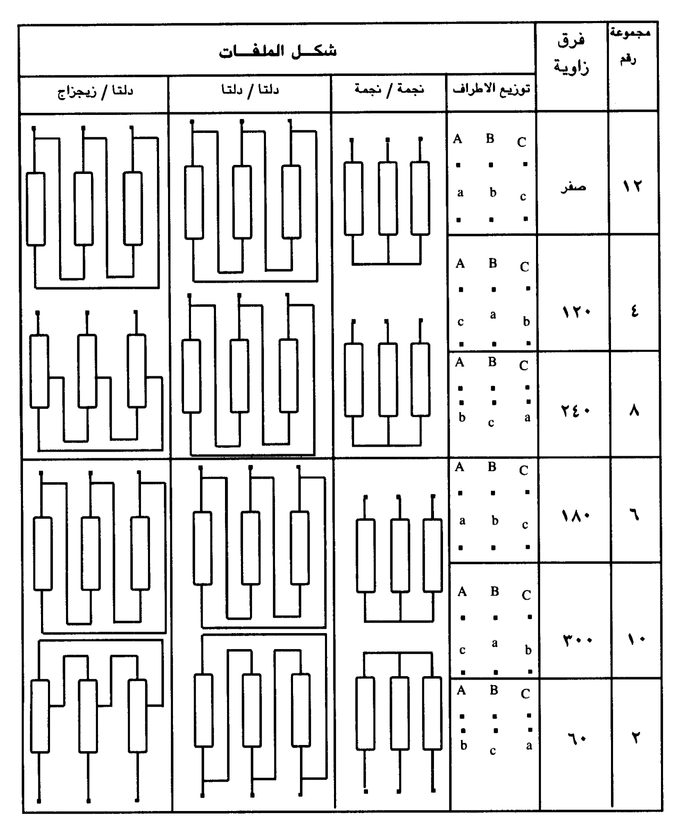
الشكل رقم (٧ - ٨)





الشكل رقم ٧-٧: تكوين زوايا متعددة بين الملفات باستخدام اجزاء الملفات

* مراجعة الوصلات وارضية المحول والتأكد من نظافتها وسلامتها.
* نظافة قاع المحول والتأكد من نقائة.
*صيانة غطاء المحول من الداخل.



مجموعة رقم	فرق زاوية	شكل الملفات			
		توزيع الاطراف	نجمة / نجمة	دلتا / دلتا	دلتا / زيجزاج
١٢	صفر	A B C a b c			
٤	١٢٠	A B C c a b			
٨	٢٤٠	A B C b c a			
٦	١٨٠	A B C a b c			
١٠	٣٠٠	A B C c a b			
٢	٦٠	A B C b c a			

الجدول رقم ٧-٣: مجموعات التوصيل لملفات المحولات (القسم الاول)

سابعا: أعادة الزيت الى المحول OIL FILLING

يتطلب هذا الاجراء العديد من الخطوات المتتابعة نتناولها كما هو آت:

١- انزال الغطاء على المحول بالاستعانة بسنابك ٥٠ سم فى فتحات المسامير بالغطاء والقاعدة وهى عملية دقيقة ونراها فى الشكل رقم ٧-٨ (ص١٢٩) حيث نجد ان المحول من

مجموعة رقم	فرق زاوية	شكل الملفات			
		توزيع الاطراف	نجمة / نجمة	دلتا / دلتا	دلتا / زيجزاج
١١	٣٣٠	A B C a b c			
٣	٩٠	A B C c a b			
٧	٢١٠	A B C b c a			
٥	١٥٠	A B C a b c			
٩	٢٧٠	A B C c a b			
١	٣٠	A B C b c a			

الجدول رقم ٧-٤: مجموعات التوصيل لملفات المحولات (القسم الثانى)

الداخل به فراغات صغيرة مما يجعل عملية رفع الغطاء وانزالة من العمليات الصعبة ويجب اسناد هذا العمل الى فنى متميز على مستوى عال.

٢- تركيب منظم الجهد وربطه ثم تركيب الغطاء الخاص به.

٣- اختبارات اولية للملفات والوصلات والعزل والقلب الحديدى.

٤- تقفيل الغطاء وتربيطة.

٥- تشغيل الفاكيوم على سطح المحول لمدة يوم (٢٠ ساعة) لسحب أى فراغات هوائية داخل المحول وثنياته.

٦- ايقاف الفاكيوم وتركيب عازلات الاختراق ٢٢٠ ك.ف.

٧- ملىء المحول بالزيت بمعدل ٢ طن فى الساعة.

٨- تشغيل الفاكيوم مرة أخرى (١٠ ساعات) بعد انتهاء الملىء لسحب الفقاعات التى عادة تصاحب اعمال سحب الزيت.

٩- معادلة الضغط داخل وخارج المحول بمعدل ٥مم زئبق / الساعة.

١٠- تشغيل التسخين الكهربى بالتيار المستمر حتى ٨٠ م.

١١- أنتظار هبوط درجة الحرارة حتى ٦٢ م

١٢- تشغيل الفاكيوم عند ٤٨ م

١٣- اجراء الاختبارات الكهربية طبقا لعزل الملفات الواردة فى الجدول رقم ٥-٦.

١٤- تشغيل التسخين بالتيار المستمر مرة أخرى لرفع الحرارة الى ٦٥ م.

١٥- تركيب عازلات الاختراق ٦٦ ، ١١ ك.ف. وكذلك عازل نقطة التعادل.

١٦- استكمال عملية ملىء المحول بالزيت.

ثامنا: أعادة المحول الى موقعه TRANSFORMER BACK

هذه الخطوة تكرارية بالعكس عما قد تم لاجراء الصيانة ونوجز أهمها فى الخطوات التالية:

١- رفع موانع الحركة.

٢- تركيب ونش الجر الكهربى.

٣- اجراء الجر العكسى الى موقع المحول.

٤- اعادة تركيب الخزان وماسورة الانفجار.

٥- اعادة توصيل المبردات.

٦- أضافة الزيت الى المحول.

٧- أجراء الاختبارات اللازمة.

٨- مراجعة نهائية على الاطراف واختبارها بطريقة التفريغ الجزئى وتسجيل الاشارات الصوتية لتحديد مكان التفريغ.

٩- أعادة المحول الى الخدمة طبقا لقواعد التشغيل المعمول بها.

من أهم أعمال المتابعة يلزم أخذ عينات الزيت ٣ مرات في الشهر الاول من بداية التشغيل مثل المحولات الجديدة للتأكد من الرطوبة ولاستشعار أيه أخطار فى الصيانة ثم بعد ذلك يكون معدل العينات سنويا كالمعتاد وكذلك يجب تسجيل قراءات التحميل كل ١٠ دقائق فى اليوم من أعادة المحول الى التشغيل ثم تعود القراءات الى نظام التشغيل المعتاد من اليوم الثانى.

الفصل الثامن

قطع الدوائـــــر الكهربيـــة

٨-١: نظرية فتح الدائرة

٨-٢: قطع الشرارة

٨-٣: معدل ارتفاع جهد اعادة الضرب



قطع الدوائر الكهربية

OPENNING OF ELECTRIC CIRCUITS

تمثل الشبكات عملية معقدة للتشغيل المستمر السليم ولا يمكن تشغيل أى شبكة كهربية أو أى من اجزائها دون الحاجة الى فصل الدائرة فمثلا يحتاج الفرد الى انارة مكتبة أو حجرته ليلا وهنا كيف يتم ذلك وقبل النوم يحتاج الى اطفاء المصباح وغيرها من الامثلة العديدة مكانيا ونوعيا وزمنيا وتظهر هنا أهمية جهاز قطع او توصيل التيار او تشغيل المصباح وهذه الاجهزة هى معدات الفصل والتوصيل وتتلخص أهميتها فى اربعة نقاط هى:

١- تسمح بتوصيل وفصل الاجزاء المعنية فى مكونات الشبكة.

٢- تمكننا من فصل وعزل الاجزاء المعيبة أليا عن تلك العاملة لضمان استمرارية تشغيل الاجزاء السليمة.

٣- تحمى الافراد والاجهزة ضد الاخطار.

٤- تساعد فى تلبية احتياجات المستهلكين من خلال عمليات التوصيل والفصل تبعا لمنحنى الاحمال.

٥- تضمن العملية التبادلية بين المعدات او الاماكن.

٨-١: نظرية فتح الدائرة Circuit Off

كما نستطيع تقسيم القواطع Breakers التى تقوم بهذا العمل الى ثلاث أنواع هى:

١- **قاطع تيار بدون حمل** No Load Breaker

٢- **قاطع تيار بحمل خفيف** Light Load Breaker

٣- **قاطع تيار تحت الحمل** On Load Breaker

يحدد النوع الاول انه لابد من منع مرور التيار فى الدائرة الكهربية ثم استخدام هذا القاطع اللاحملى وهو ما يعنى ان هذا الطراز لا يستطيع قطع التيار عند اللزوم ولذلك لا يمكننا ان نعطيه المسمى « القاطع » لانه لا يستطيع قطع الدائرة بل يمكنه فصل الدائرة او فصل جزء عن أخر ولذلك يسمى هذا النوع باسم « الفاصل » أو الاسم الفنى المستخدم وهو « السكينة » Isolating Link بينما يمكن ان يطلق عليه احيانا المسمى Switch وفى جميع الاحوال فهذه السكينة هامة ونحتاج اليها فى الشبكة الكهربية وهى دائمة التواجد ونستعين بها باستمرار وخصوصا فى المناورات التشغيلية سواء كان مع القواطع الحقيقية او مع دوائر الربط بين القضبان الطولية أو العرضية.

أما بالنسبة للنوع الثانى فيكون هو ذلك القاطع للتيار الصغير أو أن التيار الذى يمر فيه اثناء القطع للدائرة يمكن التغلب عليه بسهولة وبالتالى فانه يستخدم وهو فعلا متداول باسم «مفتاح» ويناسب الجهد الصغير ٢٢٠ ف. أو أقل ومع القدرات البسيطة مثل مصباح أنارة أو خلاط

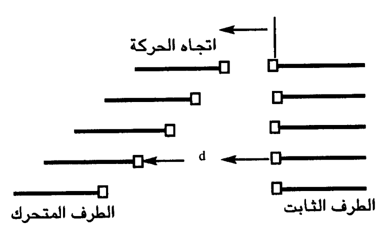
والاجهزة الكهربية المنزلية المماثلة أو الثلاجة وغيرها ، ولكنه لابد من التأكيد على أنه يستهلك بسرعة عن تلك المفاتيح المتخصصة فى فصل التيار الكبير حيث يعجز نوع المفاتيح للفصل على الحمل الخفيف عندما تزيد القدرة المطلوب فصلها ويظهر هذا عند الارتفاع بالجهد من ٢٢٠ف. الى الثلاثى ٣٨٠ف. حيث نجد أن هذه المفاتيح لا تصلح على الاطلاق.

وجدير بالذكر أن هذه المفاتيح خفيفة الحمل أو السكاكين اللاحملية لا تتعرض للخطر الشرارى بين اطراف المفتاح أو السكينة عند الفصل فقط بل ايضا مع حالات التوصيل حيث ينكسر الهواء بين طرفى المفتاح قبل التلامس ويمر التيار التحميلى مما قد يدمرها أو يستهلكها بسرعة حسب الاحوال ويعرض الشكل رقم ٨-١ المنظر العام لحركة المفتاح أو السكينة والذى يشتمل علي نوعين من الاطراف هما:

١- **الطرف الثابت** Fixed Contact

٢- الطرف المتحرك Moving Contact

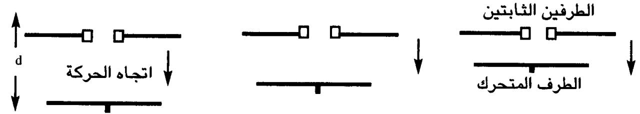
الهواء بين الطرفين يتحمل قوة تحمل قدرها ٢١ ك.ف. /سم واذا ما ارتفع الجهد مع تقصير المسافة بين الطرفين فتنهار المسافة الهوائية ويمر التيار فى الهواء محدثا الشرارة الكهربية وما يتبعها من أضرار.



الشكل رقم ٨-١: حركة أطراف المفتاح الكهربى

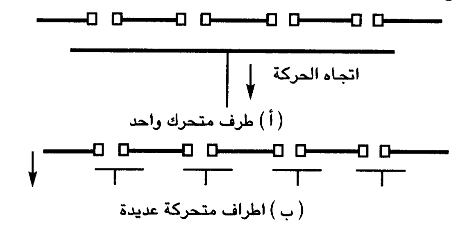
للتغلب على مشكلة السرعة فى حركة الطرف المتحرك مبتعدا عن مثيله الثابت وحتى نرفع السرعة هذه الى الضعف يتم استخدام الاسلوب الموضح فى الشكل ٨-٢ حيث تكون الحركة الواحدة مسببة لمسافة ضعف القيمة d وهو ما يساهم فى تقدم تكنولوجيات قطع الدائرة الكهربية على وجة العموم ونشاهد فى الرسم جعل الدائرة الكهربية بين طرفين ثابتين بدلا من الطرف الثابت والاخر المتحرك أما الطرف المتحرك فيقوم بتوصيل الطرفين معا دون أن يدخل فى الدائرة وقت الفصل.

كما يمكن الاستفادة من هذه الفكرة فى زيادة المسافة الى اربعة أمثال (الشكل رقم ٨-٣) أو ثمانية أو أكثر وهي تقنية مستخدمة سوف نتعرض لها فيما بعد ويبين(الشكل رقم ٨-٣ (أ))حالة اذا ما استخدم طرف متحرك واحد ليقوم بالتوصيل لكل الاطراف الثابتة معا وهى فى الحقيقة لا



الشكل رقم ٨-٢: طريقة مضاعفة مسافة الابتعاد بين الاطراف

تصلح من الناحية العملية كما نلمس ولذلك نجد البديل وهو تقطيع الطرف المتحرك الواحد الى عدد يغطى العدد المحدد من الاطراف الثابتة وبذلك نصل الى الهدف المنشود.

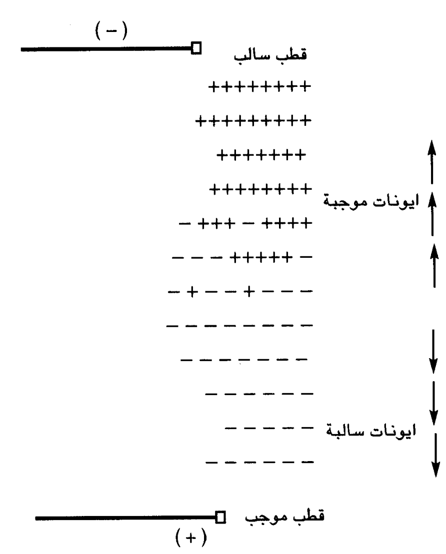


الشكل رقم ٨-٣: مبدأ مضاعفة المسافة مع حركة الطرف المتحرك فى المفتاح الكهربى

اولا : الظاهرة الشرارية Arc Pheneomena

تحدث الشرارة بين طرفى المفتاح الذى يقطع الدائرة الكهربية في الفراغ الهوائى ولذلك تعرف هذه الاطراف باسم الاقطاب « Electrodes » حيث تحدث الشرارة الكهربية Electric Arc بينهما سواء اثناء الحركة أو بعد توقف مسار الطرف المتحرك فى نهاية مشوارة حيث يكون محتملا انكسار المسافة بين القطبين كهربيا والتى تعرف باسم الثغرة « Gab » فتتكون الشرارة من مجموعتين من الايونات أحدهما موجبة وتتجة الى القطب السالب بينما الاخرى سالبة وتتجة الى القطب الموجب وهو ما يتسبب فى توليد طاقة حرارية عالية فى المنطقة الشرارية قد تؤدى الي الانفجار ونرى هذه الايونات فى الشكل رقم ٨-٤ بالرغم من تغير مسارها وليس بالضرورة أن يكون خطيا مثل المعطى فى الشكل رقم ٨-٤ فقد يكون ملتويا أو زجزاجيا أو منحنيا حسب الاحوال.

يهمنا الان التعرف على كيفية نشأة العملية الشرارية Arc Initialization حيث تبدأ عملية تكوين الايونات الموجبة بالاشعاع Emission من القطب السالب الكاثودى Cathode فى بداية الحركة للطرف المتحرك فتنطلق الالكترونات الحرة Free Electrons من سطحه نتيجة الجهد العالى عليه (حوالى مليون فولت / سم) لصغر المسافة الهوائية « الثغرة » فيظهر المجال الكهربى محدثا كثافة تيارية عالية (مليون أمبير / سم٢) مصاحبا له الطاقة الحرارية الكبيرة فتزيد من التصادمات الداخلية الايونية والالكترونية فتزيد من التأين Ionization نتيجة لثلاث عوامل



الشكل رقم ٨-٤: اتجاه حركة الايونات بين طرفى المفتاح الكهربى

رئيسية هى:

١- زيادة المجال الكهربى **Field Strength** .

٢- أرتفاع القيمة المتوسطة لحركة الايونات الحرة Mean Free Path للنقص فى ضغط الغاز الوسط المتأين Thermal Ionization حيث تعطى امكانية استمرار التواجد الشرارى بلا انقطاع.

٣- ارتفاع درجة الحرارة المصاحبة لهم وارتفاع مستوى الطاقة الديناميكية مزيدا من تأثير عملية التأين الحرارى .

ثانيا : الجهد بين طرفى الشرارة Arc Voltage

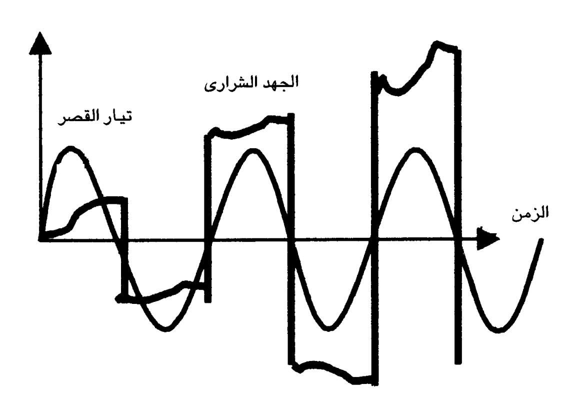
حتى نستطيع التغلب على التواجد الشرارى بين طرفى المفتاح أو العمل على عدم تواجده فى بعض الاحيان يلزمنا التعرف على الاعراض الهندسية المسببة له حيث يمكننا التعبير رياضيا عن الجهد V (arc) بين طرفى الشرارة بالمعادلة المعملية كدالة فى التيار الشرارى I وطول الشرارة ذاتها L وايضا من الثوابت الرياضية التى تتحدد تبعا لكل نوعية مفتاح كما يلى:

$$V(arc) = A + B / \sqrt{I} \quad (8-1)$$

أما الثابتين A, B فيمكننا وضعهما فى جزئين حيث الاول (a 1 , b 1) ثابت يعتمد على المفتاح ذاته وابعاده وسطح المفتاحين والوسط العازل بينما الاخر (a 2 , b 2) يرتبط مباشرة بطول المسار الشرارى والذى يتأثر احيانا بالابعاد العامة للمفتاح داخليا وذلك من خلال المعادلتين:

$$A = a1 + a2 \times L \qquad (8-2)$$
$$B = b1 + b2 \times L$$

يبدو جليا أن القدرة الكهربية أو الطاقة الشرارية ذات خواص عكسية بين كلا من الجهد والتيار لان الجهد العالى يصاحب التيار الخفيف والعكس بالعكس ويمثل الشكل رقم ٨–٥ العلاقة بينهما حيث يصبح الجهد الشرارى ثابتا طوال فترة مرور التيار الاقصى بين القطبين ويتغير اتجاهه بالمرور الصفرى للتيار ويبين الرسم التواجد لبعض التوافقيات فى الشكل الموجى نتيجة العديد من الاسباب والتأثيرات كما انه يظهر ان الدائرة الشرارية مقاومة حقيقية فقط (إى غير ظاهرية) Pure Resistive مما يجعل التيار والجهد فى طور واحد وبالتالى يصبح معامل القدرة P.F هو الوحدة مما يرفع من جهد الشرارة باستمرار التوالى والتتابع لأن طرفى المفتاح سيكونان منفصلان فيزيد طول المسار الشرارى أى الجهد بين طرفى الشرارة.



الشكل رقم ٨–٥: الشكل الموجى للتيار والجهد الشراريان

٨-٢: قطع الشرارة ARC INTERRUPTION

من أهم الاعمال الهندسية علميا هو كيفية التغلب على الشرارة حيث توجد طريقتان هما:

الطريقة الاولى : المقاومة الكبيرة High Resistance Interruption

تتأسس هذه الطريقة على وضع العراقيل فى طريق التيار الشرارى اى تزيد قيمة المقاومة فى مسار التيار بالدا ئرة اثناء فصل الشرارة بالاستعانة بالظاهرة التى وجدت فى الشكل رقم ٨-٥ وهى تزايد الجهد الشرارى المستمر فيسبب تقليل مستمر فى التيار الشرارى عند ظهور الجهد مع التيار الصفرى خصوصا وان الجهد الناتج بين طرفى المفتاح يعرف باسم الجهد الضارب الشرارى Restriking Voltage ويصاحبه بذلك الطاقة الحرارية الهائلة ولهذا السبب لا تصلح هذه الطريقة مع المفتاح ذو القدرات العالية للقطع ولكنه يستخدم فعلا للقدرات البسيطة والمتوسطة وللتيار المستمر ، اما المقاومة فيمكننا زيادتها من خلال بعض الوسائل التالية :

١- زيادة طول الشرارة (الشكل رقم ٨-٢)

٢- تبريد الشرارة الكهربية بوضع وسائل تبريد خاصة للمنطقة الشرارية

٣- تقسيم الشرارة الى عدد من الشرارات المتتالييةَ (الشكل رقم ٨- ٣) ويكون لكل منهم غرفة مستقلة لاطفاء الشرارة

٤- رفع مستوى العزل فى منطقة الشرارة باستخدام وسط عالى العزل كهربيا

٥- تضييق مسار الشرارة بين الطرفين Constraining

٦- رفع الضغط الجوى للوسط العازل حيث تتواجد الشرارة مثل دفع تيار هوائى بين طرفى المفتاح مثل Air blast circuit breakers .

الطريقة الثانية: المقاومة الصغيرة Low Resistance Interruption

تعتمد هذه الطريقة على فصل الدائرة اثناء المرور الصفرى بالتيار ولذلك فانها تعرف ايضا باسم طريقة قطع التيار الصفرى Zero Current Interruption وهى صالحة لحالات التيار المتردد فقط ويتم ذلك بالمحافظة على المقاومة الشرارية الصغيرة فى فترة الفصل حتى لحظة المرور الصفرى للتيار لقطع الشرارة وتستخدم للقدرات الكبيرة وتنتهج فيها احدى النظريتين التاليتين: Interruption Theorems

١- النظرية الاولى وتسمى Slepian's theory اشارة الى مبتكرها كما تعرف باسم نظرية معدل جهد الاسترجاع recovery rate method حيث يقارن هذا المعدل بمعدل جهد الضرب الكهربى Restriking بين طرفى الشرارة بمعنى أن تنكسر الثغرة الهوئية بين طرفى المفتاح اذا ما ارتفع جهد الضرب عن قوة عزل الثغرة ونستفيد فى هذه النظرية من الاتحاد والتلاحم المحتمل بين الايونات والالكترونات فى الثغرة فتستعيد الثغرة قوتها العازلة وهذه النظرية تلائم المفاتيح الهوائية.

٢–النظرية الثانية وتسمى Cassie's theory نسبة الى مخترعها حيث فيها بعد المرور الصفرى مباشرة وتواجد الايونات فى الفراغ بين طرفى المفتاح بقيمة مقاومة صفرية محددة وبارتفاع جهد الضرب Restriking Voltage يمر التيار الكهربى بين الطرفين مسببا طاقة حرارية والتى تبدأ بالقيمة الصفرية وتزيد مع اختفاء الايونات وارتفاع المقاومة المار بها التيار فتزيد من قيمة الطاقة الحرارية المتولدة الى اقصى قيمة فاذا زادت عن معدل انتقالها الى الخارج يظل التواجد الايونى محدثا الانهيار الكهربى مع الظهور التالى للجهد مرورا بالتيار الصفرى وهذه النظرية تلائم العمل فى المفاتيح الزيتية حيث مستوى العزل عال.

يحدث نوعى الجهد أى كلا من جهد الاسترجاع Recovery Voltage وجهد اعادة الضرب والمسمى Restriking Voltage فى لحظة بداية الشرارة مع المرور الصفرى للتيار حيث يكون الجهد بين طرفى المفتاح وهو جهد الاسترجاع الفعال Active Recovery Voltage معادلا لجهد الشرارة ثم يصبح جهد الدائرة وهذا لا يحدث فوريا بل يمر بفترة انتقالية متناهية الصغر وتعرف بفترة الانتقاليات Transient Time وفيها تتصرف الدائرة بصورة ذبذبية ويصاحبها التأثير الاخمادى الطبيعى ويكون على قاعدة الحركة لذبذبة الدائرة الطبيعية فى الحالات الاستقرارية.

هذه الحالات تمثل رياضيا الحل العام General Solution للمعادلة والذى يشمل الفترة الانتقالية بجانب تلك الاستقرارية بينما يكون حل الحالة الاستقرارية اسهل بكثير لانه يتم فى المجال الزمنى مباشرة للفترات الطويلة اما فى الحل العام وللحصول على الفترات متناهية الصغر فلا يتم الحل مباشرا نظرا للتعقيدات الرياضية بالغة الصعوبة ويتبع فى حل هذه المسائل الطرق الثلاث التالية:

١– الطريقة التقليدية Classical Method وفيها نتعامل مع المعادلات التفاضلية التكاملية لنصل الى الحل النهائى وهذه الطريقة لا تصلح الا للدوائر البسيطة فقط.

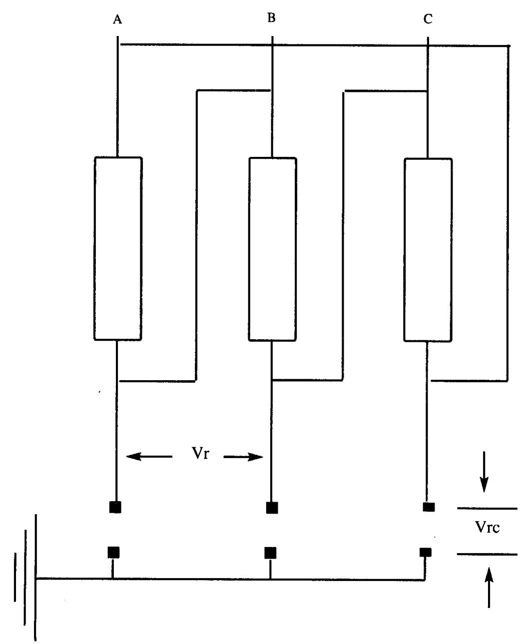
٢– طريقة فوريير Fourier Method وهى تتأسس على الحل من خلال تحويلات فوريير بالمتسلسلات المعروفة باسمّة وهى ابسط الانواع مع اعقد المعادلات الا انها تقريبية.

٣– طريقة تحويل لابلاس Laplace Transform وهى الطريقة الاشمل والادق الا انها تزيد فى الصعوبة عن السابقة ولكننا هنا نقوم بتحويل المعادلات التفاضلية التكاملية بالنسبة للطريقة الاولى الى معادلات خطية بسيطة فى المجال اللابلاسى ويكون من السهل الحصول على الحل للمعادلات الخطية ويتم الحل فى المجال اللابلاسى ونحصل علية ببساطة الا اننا نقابل اصعب المراحل الرياضية فية عند الرجوع بهذا الحل الى المجال الزمنى الاصلى وهو مايتم من خلال اعادة الحل اللابلاسى الى الزمن وهى تعرف ايضا باسم Laplace Inverse وفى الحقيقة هذه الدوال العائدة الى الزمن مجهزة فى جداول رياضية لعدم اضاعة الوقت والمجهود ويتم الحصول منها على الحل المرادف للشكل الرياضى النهائى الذى حصلنا علية.

تتمتع هذه الطريقة بالعمومية والدقة الا ان المجهود العلمى يتلخص فى تحويل الحل الناتج فى شكل دالة لابلاسية الى عدد من الدوال الاخرى الابسط والمتواجدة فى جدوال لابلاس حتى نستطيع العودة الى المجال الزمنى كما يتوفر لدينا نوعين من هذه الجداول هى:

* جداول تحويلات لابلاس.
* جداول تحويلات لابلاس/ كارسون

والفرق بينهما فى حذف معامل لابلاس Laplace operator من الاخيرة بدرجة واحدة One order فقط.



الشكل رقم ٨-٦: دائرة ثلاثية الطور فى لحظة فتح الدائرة نتيجة قصر ثلاثى مع الارض

Vr = جهد الاسترجاع Recovery Voltage

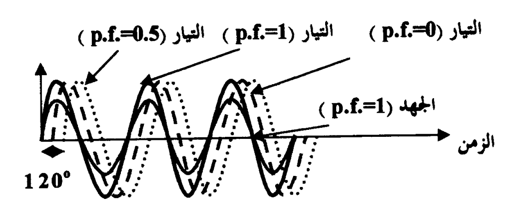
Vrc = مكونة جهد الاسترجاع بين طرفى المفتاح Recovery Voltage Component

فى حالة الدوائر احادية الطور يكون جهد الاسترجاع هو على الدائرة مثل ما هو بين طرفى المفتاح اما بالنسبة الى الدوائر ثلاثية الطور (الشكل رقم ٨-٦) يظهر نوعان من هذا الجهد الاسترجاعى هما:

١- جهد الاسترجاع بين طرفى المفتاح على كل وجه Recovery Voltage Component.

٢- جهد الاسترجاع بين الاطوار Recovery Voltage وينسب كقيمة بالفولت الى الجهد الخطى Line Voltage فى الدائرة ويظهر فى الشكل رقم ٨-٧ الشكل الموجى للجهد والتيار مبينا فية كلا من جهدى الاسترجاع Recovery واعادة الضرب Restriking حيث الاول يتوقف على ثلاث معاملات هى:

أ- معامل القدرة P. F ويبين تأثيره عندما يكون هذا المعامل منخفض القيمة أى نسبة الممانعة الى المقاومة (Ratio (X / R)) كبيرة فيصبح الجهد الاسترجاعى الفعال



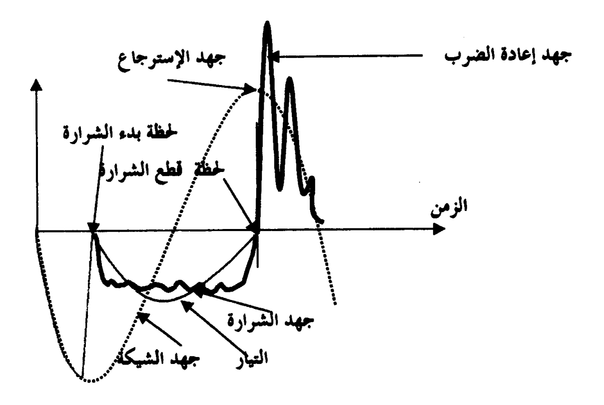
الشكل رقم ٨-٧: الشكل الموجى للتيار والجهد مع معامل القدرة

Active Recovery عاليا كما يوضحه الشكل رقم ٨-٨ وعلى العكس نجده منخفضا عند معامل القدرة الكبير ويتم التعبير عنه رياضيا كما يلى:

$$\text{Active Recovery Voltage} = \text{Maximum Voltage} \times \sin(\theta) \quad (8-3)$$

حيث أن هذه الزاوية theta هى زاوية معامل القدرة كما انه عند معامل قدرة صفرى يكون ذوقيمة قصوى كما نشاهده على الرسم الموجى.

(ب) التأثير المغناطيسى Armature Reaction وهو ما يتسبب فى خفض قيمة الجهد الاسترجاعى نتيجة التأثيرات المغناطيسية وتيار الخطأ فى ملفات المولد فتقلل جهد النهاية Terminal Voltage لانها تيارات متأخرة.

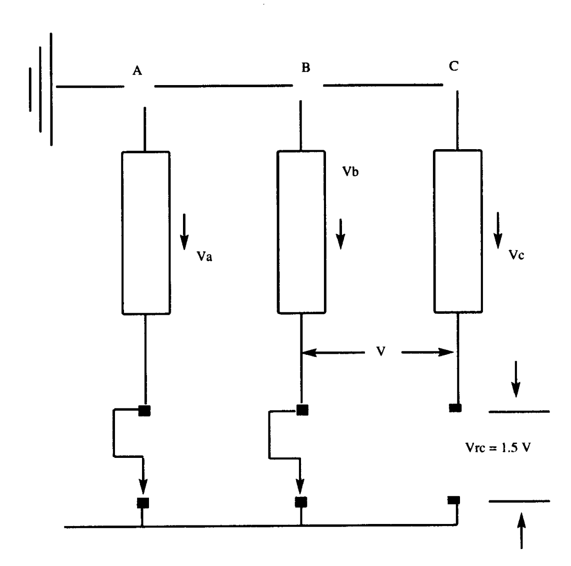


الشكل رقم ٨-٨: الجهد الموجى وقت الفصل الكهربى

(ج) حالة الدائرة Circuit Condition مثل نوع الخطأ الثلاثى او ثنائى او فردى متصل بالارض ام لا ومتماثل ام لا الى غير ذلك ويوضح لنا الشكل رقم ٨-٩ حالة خطأ (قصر) ثلاثى معزول عن الارض وفيه جهد الاسترجاع على طرفى المفتاح سيكون مساويا ١,٥ الجهد التشغيلى.

الحركة الميكانيكية للمفتاح احادى الوجة تعتمد على الجزء الميكانيكى لحركته بينما بالنسبة للمفتاح ثلاثى الطور فالوضع يختلف لان الحركة الميكانيكية للاقطاب تتم من خلال جزء ميكانيكى Mechanism يخص كل طور وبالرغم من ان امر التشغيل لهذه الاجزاء الميكانيكية الثلاثة يتقرر فى لحظة واحدة الا ان تأثر ناتج الحركة لكل وجة يتحدد تبعا لظروف مكوناته المستقلة بعيدا عن الاطوار الاخرى فقد يحدث ان يتعطل احد الاقطاب فى حركته بينما يتحرك الآخران حتى النهاية او قد يتم الثلاث اقطاب مشوارهم سويا وهذه حالة نادرة الوجود ولكنها محتملة (الشكل رقم ٨ – ٩) .

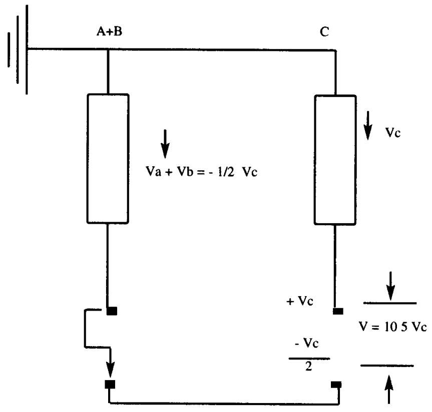
توضع الحالة الواردة مثالا هنا حالة يتحرك فيها احد الاقطاب للطور الثالث اسرع عن الاقطاب الاخرى فتتكون الدائرة الموضحة لفترة متناهية الصغر قد تكون اقل من الميكروثانية ولكن مع هذا التناهى الزمنى يكون التأثير كبير وخطير كما تشرحة الفقرات التالية ولذلك التعامل مع قطع



الشكل رقم ٨-٩: حالة قصر ثلاثى معزول عن الارض

الدوائر الكهربية ليس بالعملية البسيطة التى نستهين بها بل انها من اعقد العمليات الهندسية خصوصا مع القدرات العالية وفى الجهود الفائقة والتى تمثل عندئذ الخطر الاكبر خصوصا وان الدائرة تعتمد علي هذا القطع للحماية والوقاية سواء للافراد او المعدات.

يبين الشكل رقم ٨- ١٠ الدائرة المكافئة لهذه الحالة الموضحة فى الشكل رقم ٨-٩ حيث يكون على طرفى المفتاح من جهة جهد الوجة Vc بينما على الطرف الاخر يظهر محصلة الجهدين ذو القصرَ ويكون الفرق بين الجهدين بالاشارة السالبة للمحصلة هو ١,٥ قيمة الجهد على الوجةالواحد وهذه الحالة ممكنة فى الحالات التشغيلية العادية ويكون هذا الجهد دائم التواجد فى أى وقت اذا ما تم فتح احد اقطاب المفتاح قبل غيره وهذا هو الوضع العادى والمحتمل لان الفرق الزمنى باقل من الميكروثانية يأتى بمثل هذه الظاهرة ، والشكل رقم ٨ -١١ يمثل الرسم المتجهى لحالة القصر المعزول هذا مؤكدا على صحة الدائرة المكافئة وما ينتج عنها من جهد استرجاعى عالى القيمة بين طرفى المفتاح اثناء عملية الفتح ذاتها.



الشكل رقم ٨-١٠: الدائرة المكافئة لحالة قصر ثلاثى معزول عن الارض

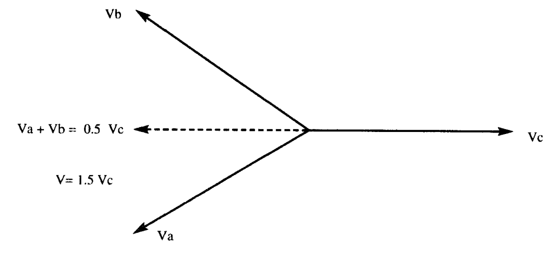
للحصول على قيمة الجهد الاسترجاعى الفعال (Vra) رياضيا نجد ان القيمة القصوى للجهد الجيبى المعتاد هى:

$$Vmax = \sqrt{2} \times V \qquad (8-4)$$

ومن ثم يكون الجهد الاسترجاعى الفعال كقيمة طورية phase value (ليست خطية) هى:

$$Vra = k3 \times Vmax \times \sin(theta) \qquad (8-5)$$

حيث ان الثابت K3 يتحدد من النسبة بين جهد الاسترجاع الى جهد الدائرة التشغيلى وبذلك نستطيع ادخال تأثير حالة الدائرة فيظهر ثابت يخص الحالة التشغيلية K2 ويعرف بمعامل الطور



الشكل رقم ٨-١١: الرسم المتجهى للجهد الطورى وجهد الاسترجاع على طرفى المفتاح

phase factor والذى يعبر عن قيمة مركبة الجهد الاسترجاعى على طرفى المفتاح مثل الحالة الواردة فى الشكل رقم ٨-١٠ حيث يصبح هذا المعامل مساويا ١,٥ ولذلك تأخذ المعادلة السابقة الشكل الجديد:

$$Vra = K2 \times K3 \times Vmax \times \sin(theta) \quad (8-6)$$

واخيرا اذا ما كان المطلوب التعبير عن هذا الجهد بالقيمة الخطية فيلزمنا الضرب فى معامل ثالث هو K1 يمثل نسبة القيمة الخطية الى القيمة الطورية حيث تصبح المعادلة فى الصورة:

$$Vra \ (Line\ value) = K1 \times K2 \times K3 \times Vmax \times \sin(theta) \quad (8-7)$$

٨-٣: معدل ارتفاع جهد اعادة الضرب Rate of Rise of Restriking Voltage

يمثل الشكل رقم ٨ -١٢ الرسم الخطى لدائرة كهربية عليها قصر وهى شبكة توزيع كهربية حيث يقترب القصر من القضبان وعلى احد المغذيات ويأتى فى الشكل رقم ٨-١٢ (ب) الدائرة المكافئة لهذه الشبكة الصغيرة متمثلة فى المعوقة المكافئة R + jpL أما السعة الناتجة عن المفتاح ذاته فتظهر فى قيمة السعة التوازيية C والمعبرة عن التواجد العازلى للعازلات الحاملة والاختراقية ايضا ، كما ان القصر القريب من قضبان محطات التوليد يجعل قيمة السعة هذه قليلة مما يجعل الذبذبة الطبيعة للدائرة مرتفعة فيرتفع معها معدل ارتفاع جهد اعادة الضرب RRRV أيضا وهذا يمثل اسوأ الحالات ويمكننا التعبير عن هذه القيمة لمعدل ارتفاع جهد اعادة الضرب اختصارا بالحروف RRRV حيث يجب علينا حماية المفتاح وبالتالى مكونات الشبكة من خطر هذه القيمة والتغلب عليها اذا ظهرت وهذه القيمة RRRV تعتمد كما سيتضح ذلك الان على :

١- جهد الاسترجاع الفعال.

٢- الذبذبة الطبيعية للتذبذب فى الدائرة.

بدراسة الدائرة نجد انه عند غلق المفتاح يصبح القصر على طرفى السعه C كما تتحدد قيمة التيار فى الدائرة بالمعوقة المكافئة Equivalent Impedance فى الدائرة ، اما باهمال المقاومة R بالنسبة الى الممانعة L سيكون تيار القصر متاخرا بالزاوية ٩٠ كما موضحا فى المنحنى الوارد فى (الشكل رقم ٨-٨) ولكن بفتح طرفى المفتاح وانكسار الشرارة يمر تيار القصر I فى المكثف C وينتقل تاثير الجهد من المعوقة لينضم اليها المكثف فجأه فتصبح الدائرة ذبذبية الخواص بذبذبة طبيعية (fn) هى :

$$fn = \frac{1}{2\Pi} n \quad \sqrt{(1 / L \times C)} \quad (8-8)$$

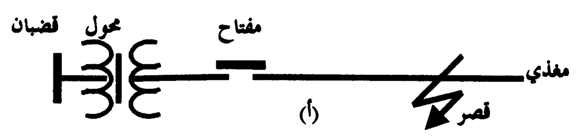
تيار الشحن الابتدائى سوف يشحن المكثف الى نفس قيمة ،الجهد الاصلى ومن ثم يصبح الجهد على طرفى المفتاح هو ضعف القيمة الاصلية لجهد الدائرة وهذا هو جهد اعادة الضرب Restriking voltage وهى القيمة التى قد تتفوق على عزل الثغرة بين طرفى المفتاح وبالتالى

ينكسر كهربيا وتظهر الشرارة مرة اخرى وهذه الحالة الانتقالية فى الدائرة تنحصر فى معادلة الجهد فيها فى حالة فتح المفتاح بدلالة التيار i والجهد اللحظى للمنبع v كقيمة الجهد الاسترجاعى Recovery Voltage بالقيمة الطورية Phase value وهذه المعادلة تفاضلية تكاملية حيث نستخدم الطريقة التقليدية للحل كما سبق الايضاح وتكتب هذه المعادلة فى الصورة:

$$L\,(di/dt) + (1/C)\int i\,dt = v \qquad (8-9)$$

بتفاضل هذه المعادلة بالنسبة للتيار نحصل على :

$$L\,\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{i}{C} = 0 \qquad (8-10)$$



الشكل رقم ٨-١٢: حالة القصر على مغذى فى شبكة التوزيع

حيث انه للفترات المتناهية الصغر يمكننا اعتبار جهد الاسترجاع ثابتا فى القيمة وبالتالى يكون تفاضلها هو الصفر وتصبح قيمة التيار من هذه المعادلة هى :

$$i = A \times \sin(wt + \emptyset) \qquad (8-11)$$

وبالتالى نحصل على تفاضلها فى الصورة :

$$di/dt = A \times w \times \cos(wt + \emptyset) \qquad (8-12)$$

من القيمة الثابتة لحالة الزمن الصفرى حيث : $i = 0 \;,\; t = 0$ فنحصل على قيمة الزاوية التكاملية بالقيمة $\emptyset = 0$ ثم نعوض عن هذه القيم فى المعادلة التفاضلية الاخيرة للحصول على قيمة ثابت التكامل فنصل الى :

$$di/dt = A \times w \qquad (8-13)$$

بالتعويض بهذه القيمة فى معادلة التيار فنجد ان

$$L \times A \times w = v \qquad (8-14)$$

ومن ثم نحصل عن قيمة ثابت التكامل فى أى من الصور الثلاث:

$$A = v / (L \times w) = v\sqrt{C/L} = (v/L)\,(\sqrt{L \times C}) \qquad (8-15)$$

وهكذا نصل الى الشكل العام للتيار وهو :

$$i = v\sqrt{C/L} \times \sin(t/\sqrt{LxC}) \qquad (8-16)$$

أما عن الجهد على طرفى المكثف وهو ما سوف يظهر على طرفى المفتاح فنجد أن جهد إعادة

الضرب اللحظى vs بالقيمة الطورية Phase value يأخذ الشكل الرياضى

$$vs = (1/C) \int i \; dt \qquad (8-17)$$

بالتعويض عن قيمة التيار السابق الحصول عليها فى هذه المعادلة نحصل على

$$vs = (v/C) \sqrt{C/L} \times \int \sin (t / \sqrt{L \times C}) \; dt \qquad (8-18)$$

الحل العام لهذه المعادلة بالتكامل ووضع ثابت التكامل K يأخذ الشكل

$$vs = (-v/C)\sqrt{C/L} \times \sqrt{LxC} \cos (t / \sqrt{L \times C}) + K \qquad (8-19)$$

وهى التى يمكننا تبسيطها الى الصورة

$$vs = -v \cos (t / \sqrt{L \times C}) + K \qquad (8-20)$$

يتحدد ثابت التكامل من خلال الحالة الابتدائية عند الزمن الصفرى بنفس الشروط السابق استخدامها فنصل الى

$$vs = -v \cos (t / \sqrt{L \times C}) + v \qquad (8-21)$$

وهكذا يمكننا تبسيط المعادلة الى

$$vs = v (1 - \cos (t / \sqrt{L \times C}) \qquad (8-22)$$

وفى النهاية يصبح جهد اعادة الضرب هو

$$vs = v (1 - \cos (2 \Pi \times fn \times t)) \qquad (8-23)$$

آما اذا ما استخدمنا طريقة لابلاس لا مكننا الحصول على الحل بشكل مبسط واسرع حيث نضع الدائرة المكافئة فى (الشكل رقم ٨-١٢) حيث يظهر معامل لابلاس فنكتب معادلة الجهد فى الحلقة الكهربية فى الشكل :

$$Vs = (V/p) \times (1/pC) / (pL + 1 / pC) \qquad (8-24)$$

وتبسط الى الصورة

$$Vs = V / (P (P^2LC + 1)) \qquad (8-25)$$

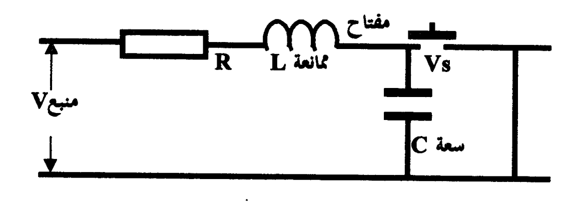
وعلينا ان نعيد توزيع شكل المعادلة ليتلاءم مع جداول لابلاس لنجد الصورة المرادفة لهذا التعبير للعودة الى المجال الزمنى ويكون فى الشكل

$$Vs = (V / LC) \times (1 / (P (P^2 + 1/LC)) \qquad (8-26)$$

من جداول لابلاس نحصل على الدالة الزمنية المرادفة لتلك التى حصلنا عليها فى مجال لابلاس وهى طبق الاصل من تلك التى حصلنا عليها بالطريقة التقليدية وهى:

$$vs = v (1 - \cos (2 \Pi \times fn \times t)) \qquad (8-27)$$

من هذه المعادلة نرى ان القيمة العظمى للجهد الضارب يعادل ضعف قيمة الجهد الاصلى للدائرة (أى أن الجهد الضارب = ضعف جهد الاسترجـاع اللحظى) وهناك عامل الاخمـاد الطبيعـى لأى



(ب)

الشكل رقم ٨-١٢: الدائرة المكافئة للدائرة فى المجال اللابلاسى

ذبذبة موجبة اذا ما كانت لها ذبذبة واحدة طبيعية مادامت تتواجد مقاومة فى الدائرة وهذه المقاومة تقف فى ثلاث مناطق :

١- منطقة الاخماد وتحدث اذا زادت المقاومة فى الدائرة وفى المثال السابق تعنى

$$R > 2\sqrt{L/C}$$

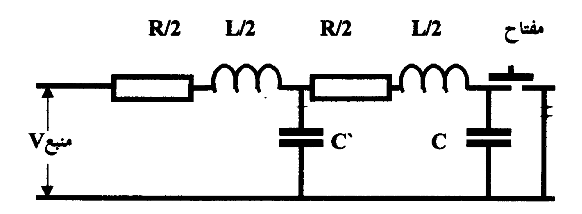
٢- منطقة التذبذب وتعنى ان المقاومة لا تؤثر فى الاخماد او ان الدائرة بدون مقاومة ولذلك نجد فى المثال ان $R = 2\sqrt{L/C}$ تمثل الحالة هذه .

٣- منطقة اللاخماد والمقصود باللاخماد ان المقاومة لا تؤثر اطلاقا على الاداء فى الدائرة بل ان الدائرة يتزايد فيها الجهد بصفة مستمرة ويقع مع الشرط الرياضى

$$R < 2\sqrt{L/C}$$

أما بالنسبة للواقع العملى فالدائرة المكافئة تقع فى مجال ذبذبى طبيعى يحتوى على اكثر من ذبذبة واحدة فمثلا اذا ما ادخل فى الاعتبار الدائرة المكافئة للمحول فتصبح الدائرة هى تلك التى نراها فى الشكل ٨-١٣ حيث تظهر سعة اخرى C' نتيجة تأثير تواجد ملفات المحول وعازلاته الى الارض ، كما ان فصل الدائرة وبها التيار المغناطيس المتخلف ب٩٠ درجة بينما تيار الشحن في الدائرة متقدما ٩٠ درجة مما يضع طرفى المفتاح فى موقف شديد الصعوبة حيث تصل قيمة جهد الاسترجاع الى القيمة القصوى Peak value وهى اسوأ حالة.

عادة ما يكون للدائرة نوعان من الذبذبة الطبيعية فمنها ما يعرف بالتذبذب الاستقرارى والمحدد فى(الشكل رقم ٨-٧) ومنها النوع غير الدورى مثل المنحنى الثابت بذبذبة اقل تقترب من الحالة المستمرة وعليها تعتمد الذبذبة الفعلية للدائرة أى تعطى لنا مجموع الموجتين فى الشكل العام مثل ما هو موضح بالرسم ولهذا فجهد اعادة الضرب يتكون من مركبتين او اكثر فى كل دائرة ويتحدد قيمة RRRV بالنسبة بين القيمة العظمى لجهد اعادة الضرب نسبة الى الزمن بين الصفر والقيمة القصوى له ووحداته الرياضية هى (KV / micro second) وهى من اهم المعاملات فى



الشكل رقم ٨-١٣: الدائرة المكافئة مع ادخال تأثير المحول

التعامل مع فتح الدوائر الكهربية ويعرف اما بالقيمة المتوسطة او نسبة الى القيمة القصوى.

مثال ٨-١ :

٧,٥ ك.ف. (rms) كقيمة طوربيد لمولد ٥٠ هيرتز له ممانعة مع المنظومة قدرها ٤ أوم والسعة الى الارض تساوى ٠,٠١ ميكروفاراد اذا اهملت المقاومة اوجد :

١- الجهد الاقصى بين طرفى المفتاح لقطع تيار قصر عند مرورة الصفرى.

٢- ذبذبة الانتقاليات الذبذبية.

الحل :

للحصول على قيمة الجهد الاسترجاعى الفعال بالقيمة الطورية ويتحدد بالنسبة الى الموجة الجيبية بالنسبة التالية:

$$v = \sqrt{2} \quad x \quad 7.5 \quad kv$$

آما الجهد الانتقالى الاقصى وهو جهد اعادة الضرب بالقيمة الطورية فنحصل عليه من

$$vs\,(\,max\,) \;=\; 2\;v \;=\; 21.2\;\;kv$$

آما بالنسبة للذبذبة الطبيعية فهى

$$fn = 1 / (\,2\,\Pi\sqrt{LC}\,\,) \;=1 / 2\,\Pi\;\;\sqrt{(\,4 / 314\,)\,x\;\;(\,0\,.\,01 / E6\,)} \;=\; 14.1\;\;K\;\;\;Hz$$

وبالتالى يكون الزمن الذى يحدث عنده القيمة القصوى لجهد اعادة الضرب هو

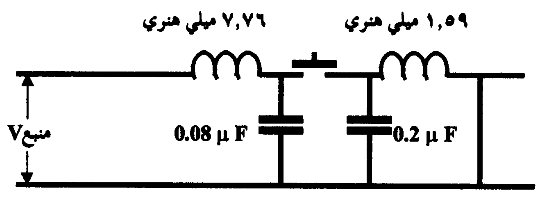
$$t \;=\; \Pi\;\;\sqrt{LC}\;\;=\; 1\;\;/ 2fn$$

مثال ٨ - ٢ :

أوجد تعبيرا لجهد اعادة الضرب فى الدائرة المبينة فى الشكل رقم ٨ -١٤

الحل :

تمثل هذه الحالة ازدواج الذبذبة الطبيعية فى الدائرة لتواجد نقطتى رنين فيها ويظهر الجهد



الشكل رقم ٨-١٤: دائرة المكافئة لحالة قصر فى شبكة كهربية

الانتقالى بين طرفى المفتاح نتيجة الدائرة التى تحتوى على دائرتين على جانبى المفتاح تعملان بمفردها او مستقلة ولذلك باعتبار الذبذبة فى الشبكة ٥٠ هيرتز وبالتالى يتوزع الجهد على الممانعات مؤديا الى جهد على المكثفين كقيمة قمة قدرها

$$\{ L2 / (L2 + L1)\} \; (76.2 \times \sqrt{2}) = 18 \text{ kV}$$

جهد اعادة الضرب يتحدد رياضيا بالمعادلة

$$vs = (67.2 \times \sqrt{2} - 18) (1 - \cos \; w1 \times t) + 18 (1 - \cos \; w2 \times t)$$

ونحصل على هذا الجهد فى شكل مبسط على النحو التالى:

$$vs = 90 (1 - \cos \; w1 \times t) + 18 (1 - \cos \; w2 \times t)$$

حيث تكون الذبذبة الطبيعية فى كل من الجهتين

$$w1 = 1 / \sqrt{L1C1} = 0.397 \; (E -5) \; \text{radian /s}$$

$$w2 = 1 / \sqrt{L2C2} = 1.77 \; (E -5) \; \text{radian /s}$$

اولا: قطع الدائرة السعوية Interruption of Capacitive Currents

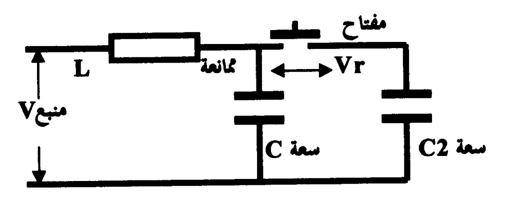
تواجد الخواص السعوية فى الدوائر الكهربية عموما وفى الشبكات التوزيعية خصوصا تمثل خطرا داهما على اهم الاجزاء فيها الا وهو المفتاح الكهربى والذى يقوم بقطع التيار نتيجة القصر وقت حدوثه او عند الارتفاع فى قيمة القدرة عن المسموح بها ولذلك تعتبر دراسة حالة الدائرة السعوية Capacitive Circuit من أهم الحدود الهندسية لتحديد صلاحية القطع من عدمة يزيد من هذه الاهمية صعوبة هى تواجدها فى كثير من الاحيان سواء كان معرفا ام لا وتمثل هذه الحالات الصعبة مثل تواجد خطوط الكهرباء الطويلة وحالات فتح دائرتها وقت اللاحمل no load أو فصل وحدة سعوية $C2$ فى الشبكة وهكذا ، وتكون الدائرة الواردة فى الشكل رقم ٨-١٥ هى المكافئة لهذه الحالات على وجة العموم.

الوحدة السعوية $C2$ تكون أكبر بكثير عن السعة التى تظهر فى الشبكة نتيجة العازلات بها سواء للمفتاح أو لباقى الاجزاء وسنجد قطع تيار الشحن سهلا عند مروره الصفرى (الشكل رقم ٨ -١٦) أو بالقرب منه لسببين هما :

١- قيمة التيار بالقرب من المرور الصفرى صغيرة جدا .

٢- قيمة معدل ارتفاع الجهد الاسترجاعى RRRV منخفضة

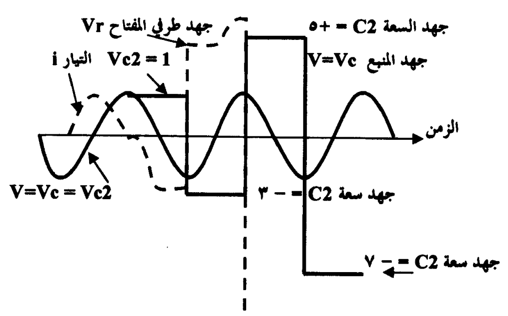
كما أن فتح الدائرة يتسبب فى شحن المكثف C2 ويصبح الجهد عليه مثل ماكان وقت الفصل وهو يعادل جهد التغذية ولكنه بعد الفتح يتغير الجهد على طرفى السعة C1 مقتربا من الحالة الاستقرارية الجديدة والتى تساوى تقريبا جهد المنبع خصوصا وأن السعة هذه صغيرة جدا بالنسبة للأخرى ونتيجة لهذا يصبح الجهد الاسترجاعى على طرفى المفتاح مساويا الفرق بين الجهدين على السعتين والذى يتزايد باستمرار بالرغم من بدايته الصفرية ، ظاهرة التزايد المستمر فى قيمة الجهد الفجائى نتيجة تغير اتجاه الجهد على مكثف الدائرة وتبعيته للمنبع فيتضاعف جهد الاسترجاعى ومن ثم قد تنكسر الثغرة العازلة بين طرفى المفتاح وهى مرتبطة مع سرعة حركة الطرف المتحرك وهو بطىء فى البداية وتنقل الحركة الذبذبية الى سعة الوحدة السعوية وتكون بين (+١) ، (-٣) كما هو موضح فى الرسم عند النقطة رقم ٢ وعندئذ ينكسر العزل بين طرفى المفتاح ليصبح الجهد الاسترجاعى صفريا (النقطة b) واذا ما انقطع التيار هذا يظهر الجهد مرة اخرى بارتفاع متضاعف حتى القيمة d عند النقطة رقم ٣ فينتج فرق جهد على طرفى المفتاح من (-٣) الى (+٥) وهكذا وهى الظاهرة المتزايدة باستمرار نظريا فقط.



الشكل رقم ٨-١٥: الدائرة المكافئة لحالة قصر فى شبكة سعوية

ثانيا: بتر الموجة فى الدوائر قليلة الحثية Low inductive current chopping

فى حالات الدوائر قليلة الحثية (الشكل رقم ٨-١٧) مثل فصل الممانعات التوازيية او التيار المغناطيسى لمحول تنزل قيمة التيار الى الصفر بسرعة قبل الوصول المتزامن مع الموجة الجيبية بتأثير التلاحم الايونى السريع rapid de- ionizing كما انه باستخدام التأثيرات الخارجية لقطع التيار الشرارى مثل اندفاع الغاز العازل الى مكان الشرارة فى غرفة الشرارة قد يساعد ايضا ويزيد من سرعة الوصول الصفرى للتيار الشرارى حيث انه باندفاع الهواء او الغاز ينقطع التيار



الشكل رقم ٨-١٦: الشكل الموجى لفصل التيار السعوى

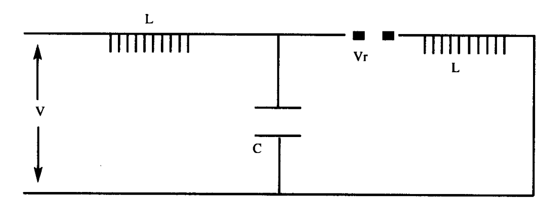
الشرارى فيظهر جهد اعادة الضرب بسرعة بقيمة كبيرة فتعود الشرارة الى التواجد ويتكرر القطع الشرارى.

عملية قطع التيار المتتالى تعرف باسم بتر التيار قليل الحثية Low inductive current chopping والشكل الموجى مبينا فى الشكل رقم ٨-١٨ حيث التأثير التبادلى للتيار والجهد الشرارى ولكنه بالرغم من ان التيار ينقطع او يبتر الا ان تطور الجهد الضارب يشكل خطرا داهما على المفتاح حيث توضح الدائرة الكهربية ما يجب من تبادل الطاقة وتفريغ الشحنة بين كلا من السعة والملف أى أن الطاقة المخزونة فى الملف تعادل تلك المخزونة فى المكثف وبالتالى:

$$Li^2 / 2 = C e^2 / 2 \quad (8-28)$$

ومنها نستنتج قيمة الجهد اللحظى على المكثف فى الصورة

$$e = i \sqrt{L/C} \quad (8-29)$$



الشكل رقم ٨-١٧: الدائرة المكافئة لحالة قصر فى شبكة كهربية قليلة الحثية
Low inductive current

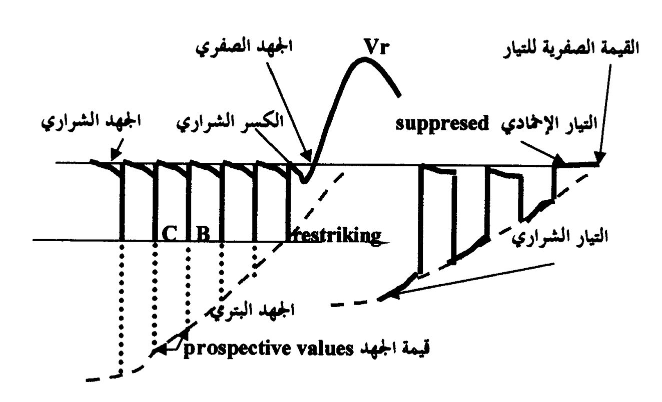
وهـو مـا يمكـن ان يـزيـد عـن جـهـد الـتغذيـة الرئيسـيـة فمـثـلا اذا تم قطـع دائرة محول فيـة تيـار المغناطيسية يساوى ١١ أمبير من جهة ٢٢٠ ك.ف وبتر التيار يتم عند القيمة ٧ أمبير وقيمة كلا من المكثف والملف هما ٠,٠٠٢٣ ميكروفاراد ، ٣٥,٢ هنرى نحصل على جهد بين طرفى السعة يساوى :

$$e = 7 \sqrt{35.2 / .0023 \ E - 6} = 1 \ MV \quad (8 - 30)$$

وهذا الجهد هو ما يظهر بين طرفى المفتاح ولذلك تعتمد نظرية فصل الدوائر الكهربية فى المفاتيح الكهربية على التغلب على معدل ارتفاع الجهد الضارب بأى من الوسائل او ببعضها او بها جميعا حتى نحافظ على الطاقة الداخلية فى غرفة الشرارة وقت التواجد الشرارى منعا للانفجار الحرارى.

ثالثا: تأثير المقاومة عند الفصل Resistance switching

مادمنا نتحدث عن اسلوب القضاء على الشرارة فى اسرع وقت وباقل مجهود يجب توضيح احد



الشكل رقم ٨-١٨: الشكل العام لعملية البتر الموجى الانتقالية

هذه الاسس الهامة وهى باستخدام مقاومة خصيصا لتقليل تيار الفصل للدائرة اى وضع مقاومة تدخل فى الدائرة على التوالى بطريق التيار المار به ويعبر الشكل رقم ٨-١٩ عن المقاومات القياسية التى تستخدم لهذا الغرض بتوصيلات متعددة حيث يبين الشكل رقم ٨-١٩ (أ) ضرورة استخدام سكينة فاصلة وهى فى الحقيقة لا تصلح لاطفاء الشرارة لأنها لا تتواجد فى غرفة الشرارة ولكنها تقوم بفتح الدائرة بعد القضاء على التواجد الشرارى تماما.

وقد تكرر وجودها فى الشكل رقم ٨-١٩ (ج) بينما اختفت فى الشكل رقم ٨-١٩ (ب) حيث استبدلت بطرف التوصيل للمقاومة الثالث (غير الثابت او المتحرك) وهذا الطرف يساعد على زيادة تأثير الثغرة الناشئة ويساعد على سرعة قطع التيار اما ادخال الهواء المضغوط فى الوضع (ج) فيساعد على قطع الشرارة بين كلا من الطرف الثابت وذلك المتحرك ويعطى الفرصة لانتقالها الى طرف المقاومة فتدخل فى طريق مرور التيار وتقلل قيمته بشدة كما ان هذه المقاومة تساعد على :

١- اخماد الشرارة والجهد الضارب فى القواطع الكهربية من طراز الهواء المضغوط Air Blast Circuit Breakers والقيمة المناسبة لهذه الحالات هى (١٠ - ٢٠ ك. أوم) .

٢- التجنب من اخطار التيارات السعوية فى القواطع الزيتية وتكون المقاومة المناسبة هى (٢ - ٥ ك. أوم) بينما القواطع الهوائية قادرة على القطع فى هذه الحالات لانها تزيد من معدل ارتفاع العزل اثناء الفصل التيارى.

٣- تتحكم فى قيمة RRRV حسب الاحوال خصوصا ان شدة العزل اقل فى القواطع الهوائية عن تلك الزيتية الا ان ارتفاع الضغط يرفع من قيمته علاوة على تأثير الاندفاع الحركى وطاقته الديناميكية كما ان الذبذبة الطبيعية لذات القدرة القطعية تقل مع الارتفاع بالجهد للتأثير السعوى المصاحب للجهد مما يجعلنا في حاجة الى وسائل لتقليل قيمة RRRV في القواطع الهوائية ، اما فى الجهد المنخفض والمتوسط تتراوح المقاومة بين ٥٠ - ١٠٠ أوم بينما تساوى ١ - ٢ ك . أوم للقدرات القليلة فى القواطع الزيتية وتكون عادة غير حساسة لقيمة RRRV وتمثل الوضع الحرج للاخماد.

٤- تقويم RRRV بالاضافة الى جهد الاسترجاع فى القواطع الزيتية متعددة الفصل multi - break oil circuit breakers حيث تستخدم مقاومات توازيية فى حدود (١٠ - ١٠٠ أوم) والتى يمكن ان نضعها فى قسمين :

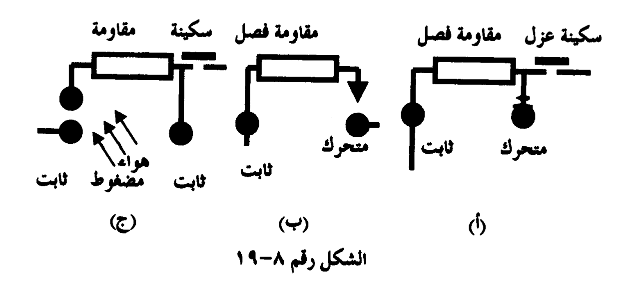
الاول : مقاومات غير خطية nonlinear وهى ملائمة من ناحية الحجم والمقاسات العملية وكذلك عول التشغيل للتيارات الصغيرة كما انها تتحكم فى الجهد والتيار كمعامل اخماد ذو تأثير فعال ولكنها لا تلائم تقويم RRRV .

الثانى : مقاومات ملفية Wire Wound وهى تلائم التيارات الكبيرة الا انها لا تتناسب مع الاحجام العملية.

أدخال المقاومة فى طريق التيار يساعد على تقليل قيمة الجهد الضارب الانتقالى نتيجة ذلك التأثير الاخمادى الذى يعتمد بالدرجة الاولى على قيمة المقاومة ان كانت كبيرة ام لا ونوضح هذا

بدائرة مكافئة لشبكة كهربية ذات خطأ كما فى الشكل رقم ٨-٢٠ حيث نقوم بالحل من خلال التيار فى الحلقات(loop method) حيث وضعت الدائرة فى المجال اللابلاس ونحصل على المعادلات الاساسية الحلقية وهما اثنتين :

$$V/p = (pL + 1 / pC) I_1 (p) - I_2 (p) \times 1 / pC \quad (8-31)$$



الشكل رقم ٨-١٩

الشكل رقم ٨-١٩: التأثير العام لتواجد مقاومة الفصل بين طرفى المفتاح
Resistance Switching

$$I_2 (p) \times (R + 1 / pC) - I_1 (p) \times 1 / pC = 0 \quad (8-32)$$

من المعادلة الثانية نستطيع الحصول على قيمة التيار فى الحلقة الاولى بدلالة الاخر كما يلى :

$$I_1 (p) = I_2 (p) \times (1 + pCR) \quad (8-33)$$

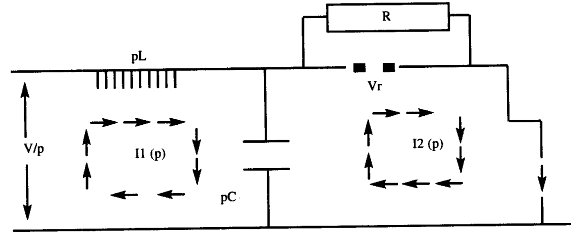
اخترنا طريقة لابلاس للحل حتى يكون اشمل لان الطريقة التقليدية بالمعادلات التفاضلية قد تأخذنا الى طريق مسدود فى الحل اذا ما كانت الدوائر معقدة او عديدة ولكن مع اسلوب لابلاس نستطيع التغلب على الكثير من المشكلات الرياضية بينما صعوبة لابلاس تظهر عند العودة الى المجال الزمنى كما سنرى ذلك جليا فى هذا المثال الرياضى الحالى.

بالتعويض بهذه القيمة فى المعادلة الاولى نحصل على

$$I_2 (p) = V/p(p^2 \times LCR + pL + R) = (V / LCR) / \{ (p (p^2 + p /CR + 1 / LC) \} \quad (8-34)$$

ومن ثم يلزم تبسيط المعادلة لتصبح فى الصورة :

$$I_2 (p) = (V / R) \{ 1 / p - (p + 1 / CR) / (p^2 + p / CR + 1 / LC) \} \quad (8-35)$$



الشكل رقم ٨–٢٠: الدائرة المكافئة لحالة قصر مع تأثير مقاومة الفصل

بعد هذا التبسيط ننظر الى جداول لابلاس للتعرف عما اذا كانت هذه الصورة موجودة فى الجداول ام لا ومن ثم نجد ان هذا الشكل الرياضى غير متوفر فى الجداول فنتجة الى اسلوب تجزئة هذه الصيغة الى عددا أخر ابسط من هذا الشكل وفى الحقيقة هذه اصعب العمليات الرياضية عند التعامل مع طريقة لابلاس وهكذا نتجة الى استخدام اسلوب التجزىء الجزئى فنحصل على

$$I_2(p) = (V/R)\ \{\ 1/p - [\ (p + 1/2CR) / \{\ (\ p - (\ 1/2CR\ )^2\ ) + 1/LC - (\ 1/2CR\ )^2\ \}] - [\ (\ 1/2CR) / \{\ (\ p - (\ 1/2CR\ )^2 + 1/LC - (\ 1/2CR\ )^2\ \}]\ \} \qquad (8-36)$$

وهذه الصورة تحتاج الى التوضيح الرياضى لتلائم البحث فى الجداول ومن ثم نضع المعاملات الثابتة فى الصيغة التى امامنا فى شكل اكثر ملائمة مثل:

$$a = 1/2CR \qquad \text{and} \qquad b = 1/CL - (\ 1/2CR\ )^2 \qquad (8-37)$$

بالبحث فى الجداول بعد هذا التحديد نجد اننا نحصل على ثلاث دوال فى الجداول حيث الحد الاول من المعادلة يمثل احد الدوال الموجودة فى الجدول وكذلك الثانى والثالث ويلزم التنوية هنا عن ان جمع او طرح الدوال لا يمثل ايه مشكلة رياضية عند التحول من المجال اللابلاس الى الواقع الزمنى حيث ان مجموع دوال لابلاس يتحول الى مجموع الدوال الزمنية المرادفة لهم ولهذا نحصل على قيمة التيار فى المجال الزمنى على النحو التالى:

$$i_2(t) = (\ v/R\ )\ \{\ 1 - e^{-at} \cos \sqrt{b}\ t - (\ a/b\ )\ e^{-at} \sin \sqrt{b\ t}\ \} \qquad (8-38)$$

وبعد ذلك نتحول الى الحصول على قيمة الجهد الضارب ويتم ذلك بسهولة وتكون فى الصيغة:

$$vs(t) = v\{\ 1 - e^{-at}\ (\ \cos \sqrt{b}\ t - (\ a/b\ )\ \sin \sqrt{b\ t}\ )\ \} \qquad (8-39)$$

كما اننا نستطيع تحديد الذبذبة الطبيعية بالمعادلة:

$$fn = (\ 1/2\Pi\ )\ \sqrt{(\ 1/LC\ ) - (\ 1/4\ C^2\ R^2\ )} \qquad (8-40)$$

يجب ان نكمل التحليل الرياضى عن التحويل العائد فى الزمن من المجال اللابلاس حيث ان الحالات جمع الدوال لا يتغير جمعا فى الحالتين بينما يكون الوضع متغير تماما فى حالة تحويل

الصيغة الرياضية الى دوال فى البسط والمقام ومنها ما يتم الضرب بينهم او القسمة احيانا ولا يصح ان نقول بان التحويل هنا على غرار ما تم فى حالة الجمع لان الوضع يختلف ويجب اتباع النظرية الرياضية المعروفة باسم « نظرية الالتفاف » Convolution Theorem حيث تتحول هذه العملية فى شكل رياضى للحصول على الصيغة الزمنية وهذه من اصعب النوعيات الممكنة فى حسابات الجهود والتيارات الانتقالية على وجة العموم.

بالنسبة للمعادلة الاخيرة فى التحليل الرياضى وهى قيمة الذبذبة فانها تعتمد على القيمة تحت الجذر التربيعى ولذلك تظهر اهمية قيمة المقاومة R السابق الحديث عنها لاخماد الشرارة فى الدائرة اثناء الفصل وهى ما يمكن وصفها فى ثلاث اوضاع كما نراها فى الشكل رقم ٨– ٢٣ حيث

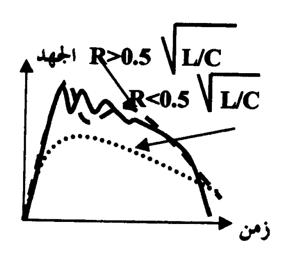
$$Root = (1 / L C) - (1 / 4 C^2 R^2) \qquad (8-41)$$

وقيمته تحدد نوعية الاخماد وتأخذ ثلاث أشكال هى (الشكل رقم ٨– ٢١) :

١– قيمة الجذر صفرية وتصبح عملية الاخماد حرجة critical damping

٢– أو تكون $R > 1/2 \sqrt{L/C}$ ويكون الاخماد زائدا وهو ما يعرف باسم damping condition . over

٣– او تكون $R < 1/2 \sqrt{L/C}$ فتعطى الصفات التذبذبية كما يحدث ايضا فى حالة الاخماد الحرج ولكن هنا يكون التذبذب اكثر تواجدا الا ان هذه الخاصية سوف تحافظ على قيمة RRRV فى نطاق القدرة للفصل بين طرفى المفتاح .



الشكل رقم ٨–٢١: تأثير الاخماد معتمدا على قيمة المقاومة التوازيية مع اطراف القاطع الكهربى

الفصل التاسع

المصهـــــــــــرات

٩-١: المواصفات الفنية

٩-٢ : انواع المصهرات

٩-٣ : خصائص الاداء والاختبار



المصهـــــــرات Fuses

يقوم المصهر بعملية الفصل التلقائى فى الدوائر الكهربية مثل القواطع الاوتوماتيكية الا ان اسلوب الاداء هنا يختلف بالرغم من ان التحليل الرياضى لم يتغير ولكننا نعتمد على عملية الاخماد الشامل للمنطقة الشرارية هنا مما يرفع من قيمة المصهرات فى مواجهة بقية الانواع بينما نجد على الجانب الاخر عندما يرتفع الجهد وبالتالى القدرة يستحيل الاعتماد على المصهرات ويظهر القصور الكامل له ويتفوق القاطع الالى ولذلك يجب التعرض للمواصفات الفنية الاساسية لهذه المصهرات حتى نستطيع استيعاب معناه الحقيقى فى الاداء.

٩-١ : المواصفات الفنية Technical Specifications

المصهر عبارة عن جزء معدنى داخل الدائرة الكهربية ويكون مع المنبع متصلا على التوالى ويقع عليه عبء فصل الدائرة اذا ما وصل التيار المار به فوق قيمة محددة والمعروفة باسم التيار المقنن rated carrying current وهو التيار الاقصى الذى يتحمله المصهر دون ان يحدث له انصهار وتعتمد هذه القيمة على عدد من العوامل الهامة هى :

١- نوع المعدن

٢- طول المعدن (المعدن الاقصر يتحمل التيار الاكبر والعكس بالعكس)

٣- قطر المعدن

٤- شكل المقطع (مربع - مستطيل - دائرى - حلقى - ضفائرى stranded)

٥- حجم ومكان الاطراف الخاصة به وكلها ابعاد هندسية تؤثر بشكل مباشر على عملية قطع التيار الكهربى.

٦- نوع الغلاف المغلف للمعدن.

٧- درجة حرارة المحيط الخارجي وهى تمثل نقطة البداية الحرارية للتأثير الحرارى الناتج عن مرور التيار بالمصهر.

٨- تاريخ التحميل السابق له وهو المقصود بمرور تيارات كبيرة فيه لفترات زمنية لم تصل الى الحد اللازم للفصل ولكنها بالقرب منها ومن ثم تغيرت الظروف التشغيلية وعدد تكرارها.

٩- معدل الارتفاع الحرارى لاطراف المصهر.

١٠- تواجد التلف بالمصهر fuse deterioration عن طريق الاكسدة وهو ما يتسبب فى تكوين طبقة خارجية قد تؤثر بشكل ما فى اداء المصهر.

١١- زمن تحميل التيار الانصهارى fusing current وهو يمثل اقل تيار يؤدى الى الانصهار فى فترة زمنية محددة ويتحدد بالمعادلة :

$$\text{التيار الانصهارى} = \text{ثابت نوعى} \times \sqrt{\text{مكعب القطر لسلك المصهر}} \qquad (١-٩)$$

وهذا الثابت النوعى محدد القيمة فى (الجدول رقم ٩-١) لبعض المعادن الشائعة واستخدام المعادن النقية أو سبائكها النقية يقدم اضافة جيدة بجانب تقليل تأثير الاكسدة الزمنية وهو منع الارتفاع الحرارى فى المنطقة وبذلك يعطى امتيازا لمعدن عن الاخر ويميز المصهر عموما من الناحية الفنية عن غيره فى قدرته على تحميل التيار ومن المميزات التى تضفى الاولوية على جودة المصهر تظهر الدقة فى فصل التيار وهى الصفة التى تتحدد تبعا للخواص الفنية الخاصة بالمصهر وهو ما يتأسس فى التصميم والتصنيع.

جدول رقم ٩-١: المقاومة النوعية ونقطة انصهار بعض المعادن والثابت النوعى لها

المعدن	مقاومة نوعية (ميكرو أوم سم)	نقطة الانصهار (درجة مئوية)	الثابت النوعى لقطر ١سم
قصدير	١١	٢٣١,٨٥	٤٠٥,٥
زنك	٦	٤١٩	—
رصاص	٢١,٧	٣٢٧	٣٤٠,٦
نحاس	١,٦٦	١٠٨٤	٢٥٣٠
فضة	١,٥٥٧	٩٦٠,٥	—
الومنيوم	٢,٧٨٨	٦٥٨,٧	١٨٧٠

كما أن هذا التيار الانصهارى ذو علاقة وطيدة بالمصهر الضفائرى من حيث المقطع ويبين (الجدول رقم ٩-٢) قيمة التيار المرادفة لعدد الضفائر فى المصهر الواحد حيث التيار الانصهارى للسلك الضفائرى سيقل عن ذلك مفرد الضفيرة بالمعامل المبين فى الجدول وكذلك يتضح من الجدول ان هذا التيار يعتمد على :

١- دورة الربط الضفائرى وهى تعنى طول الدورة الواحدة لذات الضفيرة كى تعود الى موقعها النسبى لبقية الضفائر وبذلك يقل التيار الانصهارى كلما قلت هذه الدورة

٢- قوة الربط الضفائرى ويقصد بالقوة هنا قوة التلامس بين الضفائر وهو ما يفيد بان زيادتها تعمل على قلة السطح الاجمالى فيقل التيار الانصهارى.

تستخدم المصهرات عموما لحماية الشبكات الاستهلاكية فى الابنية والمصانع وهى وسيلة ممتازة لحماية الكابلات والاجهزة الكهربية وكذلك بها نستطيع وقاية القضبان الكهربية حتى ١ كيلو أمبير اضافة الى صلاحية المصهرات للحماية الراجعة Back up Protection فى بعض الاماكن التى بها قواطع الية ويجب ان تتحمل التيارات الانتقالية دون انصهار وفى الواقع يكون حساسا للاعطال مع الارض Earth Leakage بدرجة فائقة بالرغم من تميزة للتيارات الصغيرة والناتجة عن الخطأ والتى تعلو فوق المقنن لها وهى تصلح ايضا لدوائر التيار المستمر وكذلك مع اشباه الموصلات مثل الموحدات Rectifiers بل قد يكون الافضل من بقية انواع الوقاية يتحدد معامل الانصهار Fusing factor بالمعادلة :

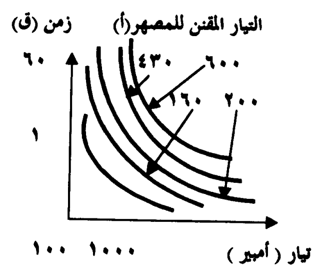
معامل الانصهار = اقل تيار انصهارى / التيار المقنن للمصهر (٩ - ٢)

وهو دائما يكون اكبر من الوحد الصحيح ويتم الحصول علية من منحنيات خواص الوقت مع

جدول رقم ٩-٢: علاقة التيار الانصهارى بعدد الضفائر فى سلك المصهر

عدد الضفائر	١	٢	٣	٤	٧
التيار	١	١,٦	٢,٢٥	٢,٧٥	٤

التيار الانصهارى لكل من القيم المقننة لهذا المصهر وهى تلك الواردة فى(الشكل رقم ٩-١) كعلاقة توضيحية حيث انه اول مصهر المقنن له ٦٠ أمبير لا يصل الى ١٠٠ أمبير مثلا كما مبين فى الرسم وعلى هذا يصبح معامل الانصهار هو نسبة ال ١٠٠ أمبير الى المقنن ٦٠ أمبير وتساوى ١,٦٦٦ بينما العلاقة العكسية ترفع من درجة التمييز لاستخدام المصهرات.

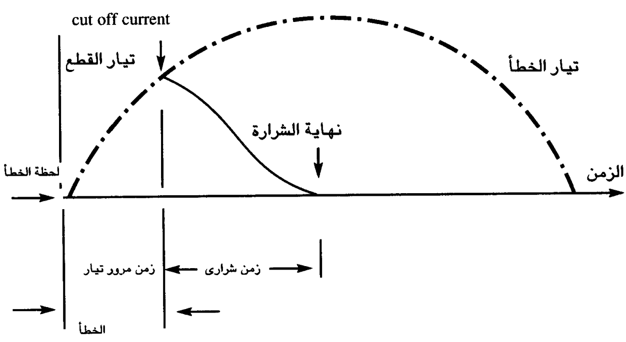


الشكل رقم ٩-١: علاقة التيار الانصهار زمنيا للمصهر

يوضح الشكل رقم ٩-٢ كيفية اداء المصهر مع الزمن وصولا الى قيمة تيار الفصل Cut off current (وهو اعلى قيمة للتيار حدثت فى المصهر قبل انقطاعه وهى ايضا القيمة المسببة للطاقة الحرارية التى تؤدى الى قطع السلك) وذلك سيرا على منحنى تيار القصر الاعلى من قيمة التيار المنتظر Prospective current وهو فى شكله الجيبى وهو تيار الخطأ الذى يجب ان يمر فى الدائرة دون انقطاع اسلاك المصهر الذى عادة ما يتم فى ربع الدورة الاولى من حدوثه كما يوضح الرسم ايضا كلا من زمن الانصهار pre arcing time وهو الزمن منذ بدء الخطأ وحتى بداية فصل الدائرة كهربيا ويسمى ايضا بزمن melting time أما الزمن الشرارى arcing time وهو التالى فى التوقيت ويبدأ من حيث انتهى زمن الانصهار وينتهى بانتهاد الشرارة تماما ويكون مجموع هذين الزمنين هو الزمن الكلى total operating time والمبين على الرسم .

اضافة فان قدرة القطع rupture capacity تمثل القدرة اللازم قطعها كهربيا والمكونة من مركبة التيار المتردد فقط ويمكن ضربها بقيمة المعامل التكبيرى وهو (١,٨ √٢) لنحصل على القدرة

الكلية شاملة مركبة التيار المستمر وذلك من قيمة القدرة المنتظرة الاقصى، فمثلا لقاطع ذو قدرة قطع ٤٠ م.ف.أ. نحتاج الى قطع التيار كاملا بينما باستخدام المصهر ننزل بالقيمة بشدة.
ما سبق يوضح ان المصهرات عموما وسيلة ممتازة للوقاية من الارتفاع التياري عند الخطأ



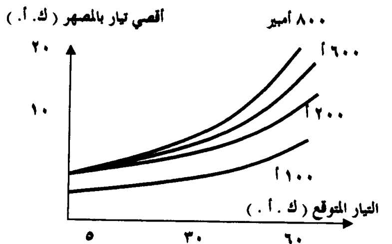
الشكل رقم ٩-٢: كيفية اداء المصهر عند الاحساس بالخطأ

fault over current ولكنه احيانا قد لا يناسب الحماية من التحميل الزائد over load protection خصوصا وان المعدن ينصهر قبل ان يظهر الجهد الاسترجاعى عالى القيمة ولكن نوع المعدن يأتى بتأثير عالى التنوع كما نرى فى الجدول رقم ٩-١ ان افضل المعادن هى ذات نقطه انصهار منخفضة مثل القصدير والرصاص اما التوصيلية العالية تكون اقتصادية لانها تقلل من كمية المعدن المطلوب لقطع نفس التيار نسبيا وبالتالى انخفاض نقطة الانصهار ينعكس على تكلفة المعدن ارتفاعا.

الشكل رقم ٩-٣ يقدم العلاقة بين تيار الفصل الاقصى Maximum Cut Off بوحدات كيلو امبير مع التيار المنتظر (كيلو امبير) وهى علاقة غير خطية وتعتمد على المقنن الخاص بالمصهر والذى يبين منه انه يتم قطع التيار الكبير عند قيمة اقل كما سبق ايضاحه فى الشكل السابق وتعتبر قيمة تيار القطع اساسا عند الاعتماد عليه لحماية قاطع اوتوماتيكى من النوع الاحتياطى back up protection خصوصا اذا ماكان هناك خطورة عليه فى بعض الحالات او من اجل تقليل الاجهادات على القاطع فمثلا لقاطع ٣٨٠ فولت ٣٥ ميجا فولت امبير يكون تيار الفصل الثلاثى المتماثل هو :

التيار التماثلى = ٣٥ / (٣٨٠ × $\sqrt{٣}$) = ٥٣ ك.أ. تقريبا   (٩ - ٣)

ومن ثم يكون التيار الكلى غير التماثلى هو :



الشكل رقم ٩-٣: الشكل العام للاداء التقنى للمصهرات

التيار الكلى = التيار التماثلى (٥٣) × معامل التكبير (١,٨) × ٢√ = ١٣٥ ك.أ (٩ - ٤)

وبذلك ينتقل هذا العبء على عاتق القاطع ولكننا بمساعدة المصهر نستطيع ان ننخفض بقدرة القطع اللازمة من القيمة العالية الى ما يقرب من١٠-١٥ ٪ منها اذا ما استخدمنا المصهر المناسب ويكون تيار القطع الحقيقى صغيرا من القيمة .

امابالنسبة لافضل المعادن الصالحة لهذا الغرض فنجدها الفضة بالرغم من ارتفاع سعرها بشدة نسبة الى بقية المعادن ولكنه المفضلة للاسباب التالية :

١- لايتاثر بالاكسدة .

٢- يتحول من حالة الانصهار الى البخر بسرعة عالية فيساعد على إخماد الحركة الشرارية

٣- سريع الاداء لتنفيذ المهام المكلف بها .

٤- تظهر مقاومة عالية عند انصهار الفضة وتقف فى طريق تيار القصر فتسهم الى حد كبير فى قطع التيار .

٥- معامل التمدد صغير جدا وبالتالى لا يشكل خطورة نتيجة عدم التمدد الكبير وعدم انهيار المعدن ميكانيكيا من التحميل العالى للتيار لحظة الشرارة او حتى بالتحميل العالى المستمر للتيار .

٦- التوصيلية لا تتأثر نتيجة التشغيل المستمر للتيار العالى او نتيجة التيارات الانتقالية والمحدثة حرارة عالية قد تقرب من نقطة الانصهار .

٩-٢ انواع المصهرات Types of Fuses

تتميز المصهرات بشكل عام بعدد من الصفات التى نستطيع ان نعتمد عليها وتشجعنا الى الاقبال على استخدامها فى الشبكات الكهربية سواء كانت جهد التشغيل الاستهلاكى او جهد التشغيل منخفض المستوى او الجهد العالى احيانا وهذه المزايا يمكن ايجازها على النحو التالى:

١- تقلل قيمة التيار المقطوع .

٢- رخيصة الثمن بل وارخص انواع الوقاية على الاطلاق .

٣- يتقلص زمن الفصل الى اقل من نصف دورة .

٤- الخواص العكسية فى العلاقة بين زمن الفصل وتيار الخطأ ويمكننا من استخدامه للوقاية ضد الحمل الزائد .

٥- لا تحتاج الى صيانة بل يلزم تغييرها فور قطعها التيار.

٦- صغيرة الحجم .

٧- لا تحتاج الى غرفة شرارة للقطع .

٨- تستخدم لحماية القاطع الاوتوماتيكى بنجاح.

ولها ايضا بعض العيوب مثل :

١- لا يمكننا الاعتماد على نظام التمييز بين المصهرات المتصلة على التوالى فى الشبكة خصوصا مع التيارات الكبيرة. .

٢-الحاجة الى زمن لتغيير المصهر بدلا من اعادة التوصيل التلقائى بالنسبة للقواطع .

٣- لا يمكن عمل وقاية راجعة back up protection للمصهر

يمكن تصنيف المصهرات الى ثلاث انواع هى:

النوع الاول : المصهرات السلكية Wire fuses

هى تلك المصهرات التى عادة تستخدم فى الوحدات السكنية او الادارية او المحال الصغيرة حيث تعتمد على الاسلاك الضفائرية او المفردة وبدون معايير قياسية وتعتمد على الخبرة الشخصية والتى تؤدى أحيانا الى التدمير الشامل او الجزئى لانها قد تتواجد ولكنها لا تعمل كمصهر بل تعمل كموصل قوى فى الدائرة وقاعدة المصهر هذه من البورسلين وتستخدم للتيارات القليلة بالرغم من ان تيار الفصل فيها محدود Limited ومع التقدم العلمى يصل هذا النوع بقدرته الى حدود ٥ ك. أ. ولكنه فى الحقيقة معيب بما يلى:

١- عدم الدقة وقد يؤدى الى التدمير.

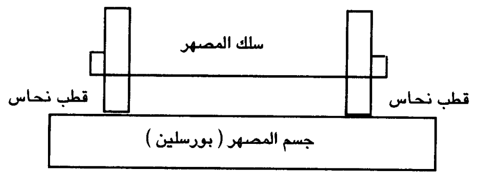
٢- غير جائز فية التحميل الزائد غير المعتاد أى انه يجوز ان تفصل الدائرة بتيارها المعتاد اذا ما كان القطر المستخدم اصغر من المقنن للدائرة.

٣- يتعرض فية سلك المصهر لعملية الاكسدة بشدة نتيجة الارتفاع الحرارى المستمر مما يؤدى احيانا الى قطع التيار عند قيمة اقل من المحددة.

٤- يستحيل قياس الطول الحقيقى للسلك وكذلك بقية الابعاد.

٥- السلك الأطول يفصل اسرع من الاقصر داخل هذا النوع.

خصوصا وان هذه المصهرات تستخدم اسلاكا قد لا تكون معرفة النوعية تحديدا مما يجعل التقدير حتى من المتخصص غير سليم ويبين (الجدول رقم ٩-٤) تأثير نوعية المعدن على التيار المطلوب



الشكل رقم ٩-٤: شكل المصهر السلكى العادى

فصله وانه يعتمد كلية عن نوع المعدن ولن يستطيع المتخصص معرفة السلك النحاسى او سبيكة النحاس وغير ذلك.

النوع الثانى : المصهرات الخرطوشية Cartidge fuses

بالنسبة للمصهرات الخرطوشية فهى تتكون من جسم سيراميك او بورسلينى به اطراف معدنية فى وضع لحام جيد بينما يوضع هذا داخل غلاف خصيصا له ويملأ هذا الغلاف بنوع من المادة الدقيقة وتكون من الكوارتز لما له من خواص ملائمة لاطفاء الشرارة ويقدم (الشكل رقم ٩-٥) انواعه الثلاث وهم :

١- النوع العادى normal type

٢- النوع عالى الكفاءة HRC type

٣- النوع عالى القدرة مع جهاز مبين الفصل HRC with tripping device

جدول رقم ٩-٣: التيار التصميمى بالامبير للمصهرات بمعادن مختلفة والاقطار محددة بالبوصة

التيار	نحاس	الومنيوم	قصدير
١	٠,٠٠٢	٠,٠٠٢٦	٠,٠٠٧٦
٢	٠,٠٠٣٦	٠,٠٠٤٠	٠,٠١١٦
٣	٠,٠٠٤٤	٠,٠٠٥٢	٠,٠١٤٨
٤	٠,٠٠٥٢	٠,٠٠٦٨	٠,٠١٨
٥	٠,٠٠٦٠	٠,٠٠٧٦	٠,٠٢٢
١٠	٠,٠١٠٠	٠,٠١٢٤	٠,٠٣٦
٢٠	٠,٠١٥٦	٠,٠١٩	٠,٠٥٢
٣٠	٠,٠٢٠٠	٠,٠٢٤	٠,٠٧٢
٤٠	٠,٠٢٤٠	٠,٠٣	٠,٠٨٤
٥٠	٠,٠٢٨٠	٠,٠٣٦	٠,٠٩٦
١٠٠	٠,٠٤٨٠	٠,٠٥٦	٠,١٥٢

وكلهم ذوى مميزات هى :

١- عالى الدقة .

٢- القدرة على قطع التيارات الكبيرة .

٣- لا يتلف بالاكسدة الزمنية .

٤- سريع العمل .

٥- الاداء جيد .

٦- يمكنه التمييز العولى .

٧- مميز بخواصة الزمنية العكسية مع تيار القطع .

٨- رخيص نسبة الى غيره من القواطع .

٩- يمكن وضع اكثر من مادة وسط لاطفاء الشرارة داخل الغلاف .

١٠- يمكن زيادة سعة القطع بنفس المقطع ولكن بتغيير الوسط الاطفائى .

١١- صغير الحجم .

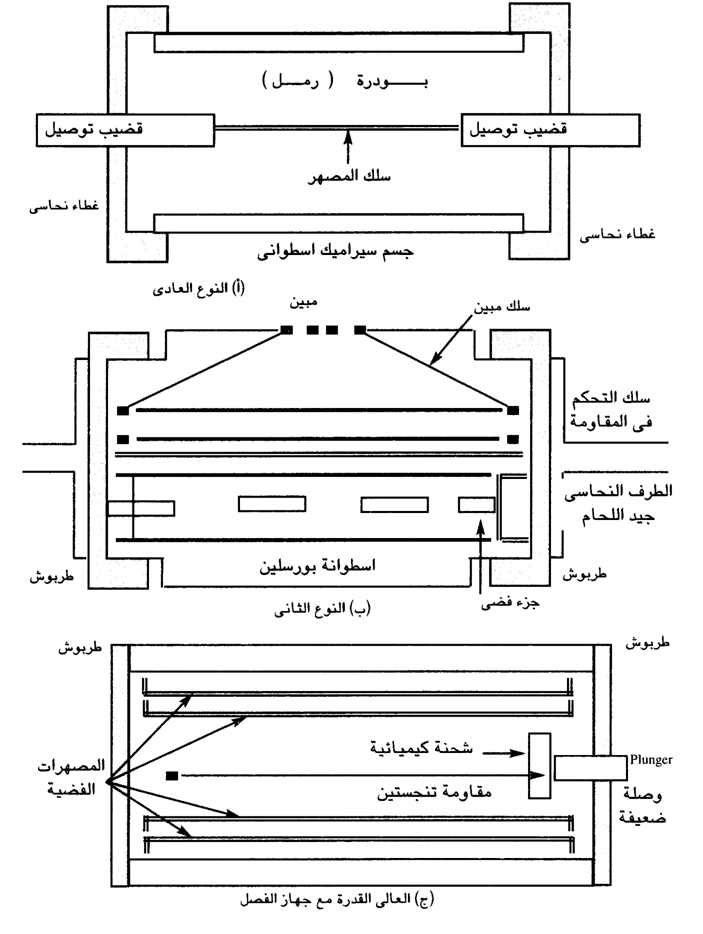
١٢- يمكن اضافة مبين لتحديد حالته اذا فصل على قصر .

أما عن الطراز المبين فى (الشكل رقم ٩-٥) مع بعض التعديل الطفيف فنجد الشكل رقم ٩-٦(ص١٧٩) يعرض المصهر كاملا ومركبا على قاعدته وهو خاص بالجهد ١٢ ك.ف. بينما مصهر ٢٤ أمبير بتيار مقنن ١٠ أمبير جاء فى الشكل رقم ٩-٧ (ص١٧٩) حيث يظهر ان العازل باللون البنى اطول من نظيره للجهد ١٢ ك.ف. ذو اللون الابيض كما يعطى الشكل رقم ٩-٨ (ص١٧٩) المنظر العام للمصهرات مستقلة على الجهدين مع ظهور ملمسات المصهرات حيث انها تتلامس جيدا مع الاطراف المعدنية للقاعدة ضمانا لجودة التلامس فى الدائرة ككل .

تتنوع اشكال المصهرات الخرطوشية من تلك المصهرات ذات المبين فى الحجم (الطراز الثانى بالشكل رقم ٩-٤) حيث يقدم الشكل رقم ٩-٩ (ص ١٧٩) أربعة احجام مختلفة متتالية المقنن التيارى طبقا للارقام القياسية كما فى الجدول رقم ٩-٤ حيث يتحدد الفقد فى القدرة بها بوحدات الوات لأن الفقد يتحول الى زيادة حرارية لجسم المصهر وتعتبر هذه الصفة احد المعاملات التفاضلية بين انواع المصهرات ، يتحدد المصهر رقم ١ أصغرهم بينما التالى يكون برقم ٢ وهكذا حتى الرابع والاخير .

جدول رقم ٩-٤: الفقد (بالوات) فى المصهرات الاربعة جهد ٣٨٠ ڤولت

رقم المصهر	التيار المقنن (أمبير)									
	٦	١٠	٢٠	٤٠	٨٠	١٦٠	٢٥٠	٤٠٠	٥٠٠	٦٠٠
(١)	١,٦	٢	٢,٥	٤,٢	٦,٦	١٢				
(٢)					٧,٥	١٢,٥	٢١			
(٣)						١٢	٢٠,٣	٣٢		
(٤)							٢٢	٣١	٣٥	٤٣



الشكل رقم ٩-٥: الانواع المختلفة للمصهرات الخرطوشية الشكل

والمصهرات تستعمل لوقاية المحولات على الجهد ١١ ك.ف. كما نجدها فى (الجدول رقم ٩-٥) بالمقننات البينية على سبيل المثال حيث لم ندرج كل المواصفات للمصهرات القياسية جميعا بل لتوضيح الخواص الاساسية المميزة لها وقد تختلف المقننات من مصنع الى اخر الا ان الاداء يكون شاملا مع التفاوت الذى عادة ما يكون طفيفا أما عيوبة فتتلخص فى :

١- يجب تغييرة اذا فصل تلقائيا .

٢- يتأثر احيانا بدرجة حرارة الجو المحيط .

٣- يحتاج الى التحكم فى الخواص الكيميائية الميكانيكية كى يتم اطفاء الشرارة فى اقل وقت ممكن وهو ما يعنى زيادة تيار القطع .

٤- يلزم خفض معدل الارتفاع الحرارى كى لا ينكسر العازل السيراميكى حراريا ويمكن ذلك باستعمال السليكا كوسط أو نوعين مختلفين لرفع قدرة القطع .

وهو يعمل بكفاءة عالية حيث ينصهر الجزء الفضى من المصهر فتظهر ابخرته فتخلق مقاومة عالية نتيجة التفاعل الكيمائى بين الابخرة والوسط ويتحول الناتج مباشرة الى مادة عازلة فور انتهاء الشرارة ثم تختفى فورا داخل الوسط الدقيقى ومن ثم يتم اطفاء الشرارة تماما وينقطع التيار بسرعة فتتولد الجهود الانتقالية العالية نتيجة التغير المفاجىء فى الطاقة المتولدة وترتفع درجة الحرارة فى المنطقة ويظهر ضغط عال نتيجة لكسر الشرارة.

النوع الثالث : المصهرات السائلة Liquid fuses

يستخدم هذا النوع فى الجهد العالى عند حماية الملفات الخاصة بمحولات الجهد التى تدخل فى دوائر الوقاية او تلك التى تخص اعمال القياس فى الشبكة وهى تستخدم للحماية ضد زيادة التيار او التحميل الزائد فى الجهد المنخفض كما انه النوع الملائم للاستخدام كوقاية راجعة للقواطع التى تعمل على مقنن اعلى من قيمته الحقيقية ويتميز بما يلى :

١- لا يتأكسد زمنيا .

٢- يتم التبريد باستمرار لتواجد السائل .

٣- طويل العمر .

يتم الاختبار عموما لهذه الانواع تبعا للمواصفات المحددة لها كما تستخدم بنجاح فى الميدان التطبيقى لحماية الاحمال الثابتة ضد زيادة التيار او التحميل الزائد وفى الحالة الاخيرة لابد من مراعاة ان القيمة المقننة لاتتعدى الحمل حتى تعمل بنجاح عند التحميل الزائد اما بالنسبة للدوائر الفلورية وهو الحمل المتغير وما يتبعة من جهود انتقالية فيلزم وضع معامل التغير فى حدود ١,٢٥ - ١,٥ من الحمل الكامل للدائرة كما هو الحال مع الدوائر السعوية ويصلح ايضا لحماية المحركات وكابلاتها وبادىء الحركة ضد القصر اما بالنسبة للتحميل الزائد فيفضل الاعتماد على وسيلة اخرى .

جدول رقم ٩ – ٥ : التيارات المقننة للمصهرات على الجهدين ١١ ، ٠٤ ك.ف.

مصهرات الجهد العالى للمحولات ١١/٤,٠ ك.ف.			مصهرات ١١ ك.ف.	مصهرات جهد ٣٨٠ فولت
قدرة المحول (ك ف أ)	اقل مقنن (امبير)	اكبر مقنن (امبير)	مقنن (امبير)	مقنن (امبير)
٥٠	١٦	١٦	١٦	٨٠
١٠٠	٢٥	٤٠	٢٥	١٢٥
٢٠٠	٤٠	٦٣	٤٠	١٦٠
٢٥٠	٤٠	٦٣	٤٠	٢٠٠
٤٠٠	٦٣	١٠٠	٦٣	٢٥٠
٥٠٠	٦٣	١٠٠	١٠٠	٤٠٠
٦٣٠	٦٣	١٦٠	١٠٠	٥٠٠
٨٠٠	١٠٠	٢٠٠	١٢٥	٦٣٠
١٠٠٠	١٠٠	٢٠٠	١٦٠	٨٠٠
			٢٠٠	١٠٠٠

أما من جهة تقسيم المصهر بناءا على أسلوب قطع التيار فهناك ثلاث طرق هى :

الطريقة الاولى : غير محدد لقيمة تيار القطع Non Limiting Value

تعتمد هذة الطريقة على قطع التيار مع أرتفاع قيمته بالشكل الموجى وتصل فيه الى الذروة ويشمل شكلين هما :

١- مصهرات الطرد Expulsion Fuses

وفيه ترتفع درجة الحرارة داخل المصهر فتعمل على تبخره المكونات المحيطة بالسلك المنقطع (المنصهر) فتتوالد الغازات بسرعة وبكميات كبيرة نسبيا مزيدة من الضغط فى مكان الشرارة فتساعد على سرعة اطفاء الشرارة وتتجمع هذه الغازات بالداخل ويلزم اخراجها من المكان المخصص اعلى المصهر ولذلك لا يوصى بالاستعانة بمثل هذه النوعية داخل الابنية او فى المدارس ورياض الاطفال ولكن يصلح هذا النوع للمحولات الخارجية التى عادة تحمل فوق الاعمدة الهوائية مثل ما هو موجود فى القوى والاماكن الريفية وكذلك الخطوط الكهربية .

٢- المصهرات التفريغية Vacuum Fuses

تتميز بانها مغلقة وتمنع تواجد الشرارة اثناء القصر نتيجة انعدام الضغط داخل المصهر وهى نوعية مغلقة تماما للحفاظ على التخلخل وتتميز بانها صغيرة الحجم وغير مزعجة ونظيفة ويمكن الاعتماد عليها داخل الابنية عموما .

الطريقة الثانية : محددة لقيمة تيار القطع current limiting type

تعرف هذه الطريقة بانها الافضل استخداما وتعمل على نطاق واسع وبكفاءة عالية ومنها تلك المصهرات عالية قدرة القطع والمعروفة وقد سبق بيانها فى هذا الباب وفيها يتم الفصل الكهربى قبل الوصول الى القيمة القصوى للتيار ولذلك تكون سريعة الفصل .

الطريقة الثالثة : التحكم الآلى للفصل الكهربى Controlled type for cut off current

فى هذه النوعية يتم التحكم فى مقننات الحركة والفصل التى تخص الدائرة المعينة وقد ظهرت مؤخرا نتيجة التقدم التكنولوجى على الساحة التطبيقية وهى التى تعرف بالمصهرات الالكترونية Power electronic fuses وتتكون من جهازين هما :

١ – جهاز التحكم الزمنى : يشمل ذلك الدوائر الخاصة بالتحكم فى زمن الفصل التى تعتمد على قيمة تيار القصر وخصوصا فى الدوائر الالكترونية .

٢ – جهاز التحكم لتيار الفصل : يعتمد على الدوائر التكاملية والمعروفة بالدوائر المنطقية logic circuits ويمكن من خلال محولات التيار ويتمكن هذا النوع من الفصل الفورى إو الفصل المتأخر الا انه معيب باحتراق جهاز الفصل مع كل قصر مما يستلزم تغييره بآخر جديد .

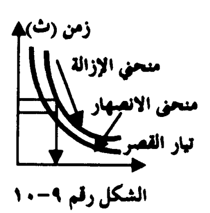
٩ – ٣ : خصائص الاداء والاختبار Performance & Testing

بعد الاستعراض السريع لانواع المصهر نحتاج الى التعامل مع مبدأ الصيانة وهى فى الحقيقة مهمة صعبة اذا ما قورنت مع القواطع الكهربية ويضع الجدول رقم ٩–٦ بيانا موجزا عن أهم الفروق الجوهرية بين المصهر والقاطع كى يفيد فى مفهوم الصيانة للمصهر .

جدول رقم ٩–٦: الفروق الجوهرية بين المصهر والقاطع الكهربى

مسلسل	البيـــــان	صفات المصهر	خصائص القاطع
١	الأداء	يكشف العيب ويفصله	يقوم بالفصل فقط دون تحديد العيب
٢	مبدأ الفصل	حرارى	بناء على أمر منظومة الوقاية
٣	زمن الفصل	صغير جدا (٢ملى ث)	كبير نوعا (١٠٠–٢٠٠ملى ث)
٤	قدرة القطع	صغيرة	كبير جدا
٥	طريقة العمل	آلية	بناء على أمر ملف الفصل
٦	عمر التشغيل	يهلك بعد كل فصل	عمر طويل
٧	التغيير	بعد كل فصل تلقائى	يتغير غالبا جزئيا بعد ٢٠٠٠فصل تلقائى
٨	الحجم	صغير جدا	كبير نوعا ما

تتحدد خصائص الاداء لكل مصهر تبعا لنوعية مكوناته ونظرية عمله وقد تم التعارف قياسيا على اصدار جداول ومنحنيات لكل مصهر او لكل مجموعة من المصهرات وهى منحنيات تبين العلاقة بين زمن وقدره الفصل فتشمل بداخلها المقنن القياسى لتيار المصهر خصوصا وكما نرى فى الشكل رقم ٩–١٠ اثنين من المنحنيات لكل مصهر اولهما يخص انصهار المصهر والثانى يحدد زمن الفصل النهائى ويعرف الاول بمنحنى الانصهار بينما الثانى يسمى منحنى الازالة cut off وفى الحقيقة هذا المنحنى يبين بصورة اوضح ذلك الزمن الخاص بالشرارة والانصهار محددا زمن الفصل (الشكل رقم ٩–٧) .



الشكل رقم ٩-١٠

يبين الجدول أن التباين كبيرا بينهما مما يدعونا الى الاعتماد على مبدأ الاختبار لوسيلة لصيانة المصهر وبهذا نتولى خصائص المصهر على محورى التشغيل والاختبار من خلال السطور القادمة.

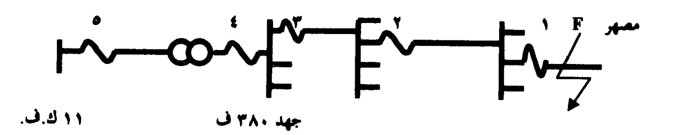
المحور الأول : خصائص التشغيل Operating Performance

تمثل هذه النقطة أهم الصفات المميزة للتعامل مع المصهر فى الدوائر الكهربية بشكل عام على النحو المحدد فيما بعد .

١- مستوى الحساسية Sensitivity Class

هو أول المعاملات حيث أنه يعتمد على معامل الانصهار والمييز بجلاء عن حساسية المصهر بوجود عيب حقيقى ولذلك يوضع هذا العنوان كمبدأ لتقسيم مستويات الحساسية للمصهر وهم ثلاث مستويات ففى الأول يكون معامل الانصهار أقل من ١,٢٥ بينما فى الثانى يزيد عن ذلك وحتى ١,٧٥ أما الأخير فوق هذه القيمة .

إضافة الى التغير المطلوب نتيجة مرور تيار القصر فى المصهر فتظهر العلاقة بين تيار القصر وزمن فصله ويتم بأسلوب التمييز الاختيارى للمصهرات المتتالية فى شبكة ما كما نراها فى الشكل رقم ٩-١١ فنجد أن الخواص الفصلية للمصهرات لابد وان تكون فى شكل متتالى حتى لا يسبق مصهر ذلك الذى قبله في الفصل ويتمكن من تحميله بكل فصل وهذه عملية جوهرية عند التصميم بينما قد يكون التصميم صحيحا ولكن مهندسى التشغيل أو الصيانة هو المخطىء فى اختيار المصهر ويتم تركيبه خطأ .



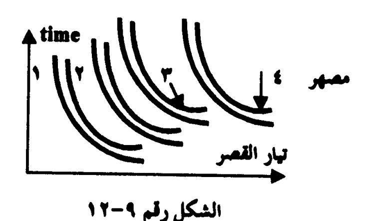
الشكل رقم ٩-١١

٢- مدى الفصل **Tripping Margin**

كما وجدنا من قبل أن العلاقة بين تيار القصر وزمن الفصل عبارة عن علاقة عكسية (الشكل رقم ٩-٢) الا أننا نتعرض لأهم نقطة وهى دقة الفصل أو دقة الاحساس واحتمال الفصل وبذلك يظهر منحنى لأقصى وضع فصل محتمل وكذلك آخر لأدنى فصل ممكن وتقع بينهما نقاط العمل الفعلية للفصل (الشكل رقم ٩-١٠) وأصبح المنحنى أثنين ويتم الفصل تبعا للظروف والاحتمالات .

٣- التنسيق بين المصهرات **Coordination**

تظهر فى شبكات التوزيع خصوصا الحاجة الى التنسيق بين فصل المصهرات المتواجدة فى الدائرة فنرى فى الشكل رقم ٩-١١ شبكة توزيع كهربية فيها المصهر كوقاية أساسية ومحدد على الرسم مكانا لقصر فيجب أن تكون الخصائص كما نشاهدها في الشكل رقم ٩-١٢ متتالية كى يفصل الخطأ عن طريق أقرب مصهر له ويليه التالى وهكذا .



الشكل رقم ٩-١٢

أما عن أطالة عمر تشغيل المصهرات فيلزم الآتى :

١ – تحميل المصهر دون تجاوز القيمة المقننة للتيار .

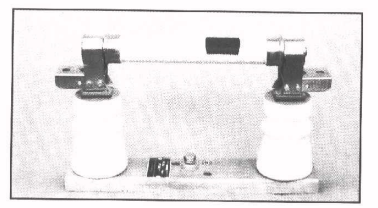
٢ – عدم تعرض المصهر لجهود اعلى من المقننة .

٣ – عدم استخدام مصهر بمقننات اعلى من المطلوب لان ذلك يعرض المعدات تحت الحماية للخطر .

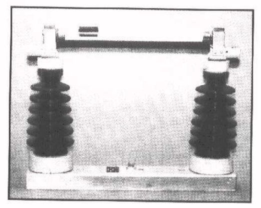
٤ – يلزم التعامل مع دوائر المحركات لحمايتها بالمصهرات تبعا للمقننات المحددة لكل مصهر .

٥ – يمنع استخدام مصهرات على التوازى .

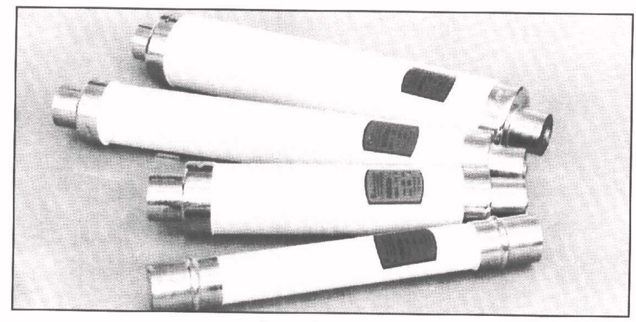
اختصارا للوقت والمجهود الهندسى عند التعامل مع شبكات التوزيع المحورية وحتى لاتعاد الحسابات اكثر من مره فقد وضعت جداول قياسية للنسبة الاختيارية عند المفاضلة بين



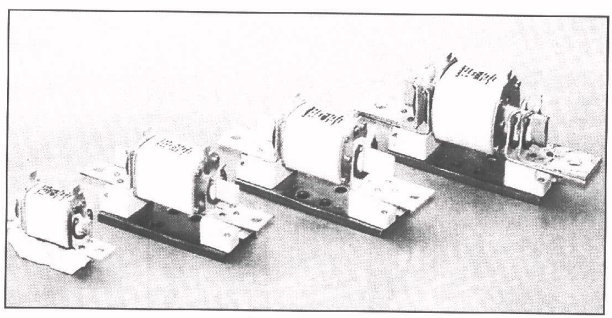
الشكل رقم (٩ - ٦)



الشكل رقم (٩ - ٧)



الشكل رقم (٩ - ٨)



الشكل رقم (٩ - ٩)

المصهرات المتتالية فى الشبكة كما سبق الايضاح ويقدم الجدول رقم ٩–٧ النسبة الاختيارية selectivity ratio للمصهرات القياسية تاكيدا على ان الاختيار صحيحا وجدير بالذكر بانه يتم تقسيم المصهرات الى مستويات متتالية فى الخواص تبعا لكل صانع ولذلك لم نعطى الرموز الشائعة لهذه المستويات بل استخدمنا الترقيم المتسلسل كى تبين لنا العلاقة المباشرة بين نسبة الاختيار فى شبكات التوزيع .

جدول رقم ٩ – ٧ : النسبة الاختيارية للمصهرات بين جهتى التغذية والاحمال

جهة التغذية	جهة الاحمال (المقنن بالامبير)							
مستوى	(١)	(٢) تاخير زمنى	(٤) تاخير زمنى محدد التيار		(٢)	(٣)	(٦) تاخير زمنى	
تيار مقنن (١)	٠–٦٠٠	١٥–٦٠٠	٠–٦٠٠	٠–٦٠٠	٠–٦٠٠	٠–٦٠٠	٦٠١–٦٠٠٠	٦٠١–٦٠٠٠
(٦) تاخير زمنى ٦٠١–٦٠٠٠	–	١ : ٣	١ : ٣	١ : ٤	١ : ٢	١ : ٢	١ : ٢	١ : ٢
(٦) ٦٠١–٦٠٠٠	–	١ : ٥	١ : ٥	١ : ٦	١ : ٢	١ : ٢	١ : ٢	١ : ٢
(٣) ٠–٦٠٠	١ : ٤	١ : ٤	١ : ٤	١ : ٨	١ : ٣	١ : ٣		
(٢) ٠–٦٠٠	١ : ٤	١ : ٤	١ : ٤	١ : ٨	١ : ٣	١ : ٣		
(٤) تاخير زمنى ٠–٦٠٠	١ : ١,٥	١ : ١,٥	١ : ١,٥	١ : ٢	١ : ١,٥	١ : ١,٥		
(٤) تاخير زمنى محدد التيار ٠–٦٠٠	١ : ٢	١ : ٢	١ : ٢	١ : ٤	١ : ١,٥	١ : ١,٥		
(٢) تاخير زمنى ١٥–٦٠٠	١ : ٢	١ : ٢	١ : ٢	١ : ٤	١ : ١,٥	١ : ١,٥		

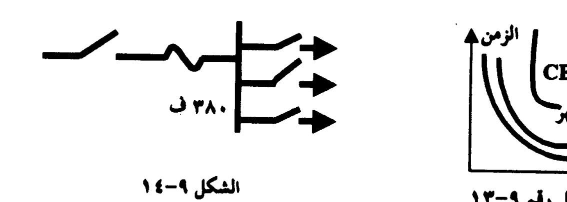
وضع المصهرات بقيم متعددة ولكنها مقننة حتى يتم توحيد التعامل معها فى تصميم الشبكات الكهربية كما نراها ممثلة فى الجدول رقم ٩–٥ حيث يرد بعضا لمقننات المصهرات وخاصة تلك المستخدمة فى وقاية محولات التوزيع سواء فى القرى او المدن بجانب بعضا من المقننات الشائعة فى التداول فى وسط الاستهلاك عند مستخدمى الطاقة الكهربية عموما .

٤– التنسيق بين المصهر والقواطع Coordination with breakers

اذا تواجد قاطع كهربى بين المصهرات أو العكس وجب الاعتماد على التمييز الحاد بين القاطع والمصهر كما نراها فى الشكل رقم ٩–١٣ وفيه يفصل المصهر قبل القاطع حيث يكون القاطع للدائرة الرئيسية والمصهر للدائرة الفرعية وهذا القاطع من النوع محدد التيار والزمن ، وكثيرا ما تتم حماية القاطع ذاته بالمصهر وهى الدائرة المبينة فى الشكل رقم ٩–١٤ حيث نجد المصهر واقيا للمفاتيح الفرعية على الدوائر الفرعية وهنا يجب أن يفصل القاطع أولا ثم المصهر .

٥– مصهر الكابلات Cable Limiter

يضع الجدول رقم ٩–٨ بيانا بسعة المصهر المستخدم مع كابل فى حالات مختلفة سواء كانت نوعيتها كابلات أرضية أو مسلحة أو معزولة بالثرمو بلاستيك داخل مواسير أم لا أو مطاطية العزل داخل مواسير والجدول يقدم النوعيات القياسية تبعا للمواصفات القياسية .



الشكل ٩-١٤

الزمن

CB

مصهر

I

الشكل رقم ٩-١٣

جدول رقم ٩-٨ : بيان بسعة المصهر عند وقاية الكابلات

مقطع الكابل	كابلات مسلحة بالأرض أو موصلات معزولة بالثرمو بلاستيك بدون مواسير		موصلات مطاطية العزل داخل مواسير	
(مم٢)	أقصى حمل (أ)	سعة المصهر (أ)	أقصى حمل (أ)	سعة المصهر (أ)
١	—	—	٥	١٠
١,٥	١٥	٢٠	٧	١٥
٣	٢٠	٢٥	١٣	٢٠
٤	٣٠	٣٥	١٧	٢٥
٦	٤٠	٥٠	٢٣	٣٥
١٠	٥٠	٦٠	٣٠	٥٠
١٦	٧٠	٨٠	٤٠	٦٠
٢٥	٩٠	١٠٠	٥٥	٨٠
٣٥	١١٠	١٢٥	٧٠	١٠٠
٥٠	١٥٠	١٦٠	١٠٠	١٢٥
٧٠	١٨٠	٢٢٥	—	—
٩٥	٢٢٠	٢٦٠	—	—

٦- دوائر المحركات الكهربية Motor Branch Circuits

تتعرض المحركات الكهربية بكافة أنواعها الى عدد من العيوب والتى قد تكون :

(أ) خارجية external

تتمثل هذه العيوب فى عددمن الحالات مثل عدم اتزان الجهد ثلاثى الطورVoltage unbalance أو هبوط الجهد Voltage drop أو عكس اتجاه الترتيب reverse phase starting فينعكس دوران المحرك أو فقد الثبات التزامنى synchronism اذا كان المحرك من النوع التزامنى وهى جميعا عوامل ذات خطورة على تشغيل المحرك .

(ب) داخلية internal

تنحصر فى العيوب الميكانيكية مثل خلل فى الكراسى bearing أو الرولمان بلى والذى يؤثر على سرعة دوران المحرك ويمثل إعاقة له فيزيد من التيار كما لو كانت هناك فرملة أو العيوب

الكهربية مثل الزيادة الحرارية temperature rise فى الملفات أو عيوب بالجزء الدوار rotor كاتصاله مع الأرض إضافة الى أخطاء العضو الثابت stator .

جدول رقم ٩-٩ : مقننات المحركات التأثيرية لجهد ٣٨٠أو٢٢٠ف والمصهر المقنن

قدرة	التيـــار		بدء مباشر (٦ أضعاف التيار لمده ٥ ث)				بادىء نجمة / دلتا	
(ك.ف.أ)	(أ)		مقنن مصهر (أ)		مقطع موصل(مم٢)		مقنن مصهر (أ)	
جهد(ف)	٢٢٠	٣٨٠	٢٢٠	٣٨٠	٢٢٠	٣٨٠	٢٢٠	٣٨٠
٠,١٨	٠,٩٥	٠,٥٥	٢	٢	١,٥	١,٥	—	—
٠,٢٥	١,٢٨	٠,٧٤	٢	٢	١,٥	١,٥	—	—
٠,٣٧	١,٨٢	١,٠٥	٤	٢	١,٥	١,٥	—	—
٠,٥٥	٢,٦	١,٤٨	٤	٤	١,٥	١,٥	٤	٢
٠,٨	٣,٦	٢,٧	٦	٤	١,٥	١,٥	٤	٤
١,١	٤,٧	٣,٦	١٠	٦	١,٥	١,٥	٦	٤
١,٥	٦,٢	٥	١٠	٦	١,٥	١,٥	٦	٤
٢,٢	٨,٧	٦,٧	١٦	١٠	٢,٥	١,٥	١٠	٦
٣	١١,٦	٨,٧	٢٠	١٠	٤	١,٥	١٦	١٠
٤	١٥,١	١٢	٢٥	١٦	٦	٢,٥	١٦	١٠
٥,٥	٢١	١٦	٣٥	٢٠	١٠	٤	٢٥	١٦
٧,٥	٢٨	٢٣	٥٠	٢٥	١٦	٦	٣٥	٢٠
١١	٤٠	٣١	٦٣	٣٥	٢٥	١٠	٥٠	٢٥
١٥	٥٣	٤٤	٨٠	٥٠	٣٥	١٦	٦٣	٣٥
٢٢	٧٦	٥٩	١٠٠	٦٣	٥٠	٢٥	٨٠	٥٠
٣٠	١٠٠	٧٤	١٢٥	٨٠	٥٠	٣٥	١٢٥	٨٠
٣٨	١٣٠	٩٥	١٦٠	١٠٠	٧٠	٥٠	١٦٠	٨٠
٥٠	١٦٥	١٢٠	٢٠٠	١٢٥	٩٥	٥٠	٢٠٠	١٢٥
٦٣	٢٠٠	١٥٠	٢٦٠	١٦٠	١٢٠	٧٠	٢٢٥	١٢٥
٨٠	٢٥٥	١٩٠	٣٠٠	٢٠٠	١٥٠	٩٥	٣٠٠	١٦٠
١٠٠	٣٢٥	٣٠٠	٤٠٠	٢٢٥	٢٤٠	١٢٠	٣٥٠	٢٠٠
١٦٠	٥١٥	—	—	—	—	—	٥٠٠	٣٠٠

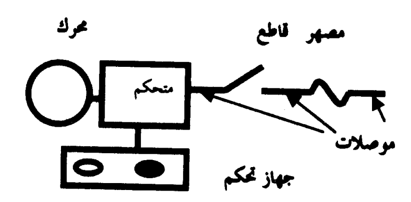
مما سبق تظهر أهمية دوائر المحركات لأنها تختلف عن دوائر الأضاءة أو التطبيقات الأخرى وهى تحتاج الى عناية خاصة كى نصل الى أقصى درجات الأمان وأعلى اعتمادية مع أقل حيود فى هبوط الجهد على المغذيات أو المحركات وبأدنى فقد حرارى ممكن وبأقل تكلفة تركيب مع البساطة والسهولة فى التشغيل والصيانة والسماحية بالتطوير والامتداد مستقبلا .

تعطى المواصفات الهندسية أهمية خاصة لدوائر المحركات والتى تتكون من خمسة أجزاء رئيسية (الشكل رقم ٩-١٥) كما تسمح أحيانا باستخدام قاطع واحد لأكثر من محرك وإجازة دمج وقايتى زيادة التيار وتجاوز الحمل وهذه الأجزاء الخمسة يتم تصنيفها فيما يلى .

الجزء الأول : الموصلات Conductors

تضع المواصفات القياسية مقنن الموصلات فى دوائر المحركات بنسبة ١٢٥٪ من مقنن المحرك ذاته اذا كانت الدائرة مفردة المحرك ولكن عندما تصبح الدائرة الكهربية متعددة المحركات فيحسب بالصيغة .

مقنن الموصلات = ١٢٥٪ × (مقنن أكبر محرك + مجموع تيارات جميع المحركات الأخرى) (٩–٥)



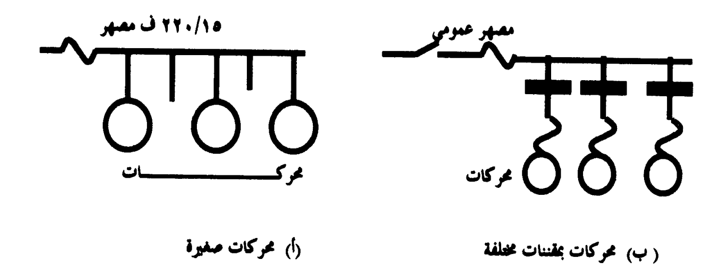
الشكل رقم ٩– ١٥

علاوة على ذلك يجب الأخذ فى الاعتبار تأثير كل من : (معاملات الفقد الحرارى – زيادة المستوى الحرارى – هبوط الجهد – معامل التغير الحرارى) وهى معاملات قد تؤدى الى زيادة مقنن الموصلات ، أما بالنسبة للموصلات فى دوائر محركات الضواغط المستخدمة فى التبريد أو الثلاجات فنلجأ الى مقننات التيار الخاصة بالمحرك مباشرة بينما لباقى المحركات التأثيرية أحادية أو ثلاثية الطور فتعطى المواصفات الجدول رقم ٩– ٩ وهو المحدد بياناته للجهد ٣٨٠ف أو ٢٢٠ ف ، ٥٠ هيرتز .

الجزء الثانى : أجهزة الوقاية Protective Device

تعمل هذه الأجهزة على حماية المحرك وملحقاته والتى تتحدد بالأجزاء الرئيسية الأربعة الملحقة على المحرك وتتضمن هذه الأجهزة المصهر أو القاطع سواء كان بزيادة التيار أو تجاوز الحمل وهو الأمر الخاضع للاختيار تبعا لمقنن المحرك وهذه الأجهزة لابد وأن تتحمل تيارات البدء، والتى تتجاوز الى ٦ أمثال المقنن ولمدة تقرب من ٥ ث ولذلك يجب أن يقنن المصهر على ٤٠٠٪ للمحركات الكبيرة و ٣٠٠٪ للمحركات الصغيرة مع زمن فصل متأخر لتلافى تأثير تيارات البدء أما بالنسبة لمحركات الضواغط فى دوائر التبريد بمقننات حتى ٤٠٠ ك.ف.أ. فيكون مقنن المصهر ٢٢٥٪ فقط من الحمل الكامل . ولكن من الناحية الأخرى تنقسم هذه المحركات فى التعامل داخل الدوائر الكهربية الى نوعين كما فى الشكل رقم ٩–١٦ فهى أما تشترك المحركات

المتماثلة الصغيرة (كل منها ١ حصان) معا جميعا فى دائرة واحدة بحماية موحدة كما فى الشكل (أ) ويكون المقنن هو ١٥ أ لمقنن تيار ٦ أ إجمالى للتيارات أو تشترك محركات متباينة الأحجام والقدرات ويكون لكل منها مصهر إضافة الى مصهر عام للدائرة ككل (الشكل ب) وهنا لا يجب أن يزيد مقنن المصهر العمومى عن ٤ أضعاف أصغر محرك فى الدائرة كما يمكن الاستعانة بوقاية زيادة التيار .



(أ) محركات صغيرة

(ب) محركات بمقننات مختلفة

الشكل رقم ٩-١٦

الجزء الثالث : الضابط Controller

يشتمل الضابط على حماية تجاوز الحمل بالصفة الحرارية والتى عادة تظهر بتواجد الترتيب السالب للأوجة NPS نتيجة عدم اتزان الجهد لأنه يسبب فيضا معاكسا للأصلى فيعوق حركة الجزء الدوار فى المحرك وهو ما يعنى فرملة له ومن ثم زيادة التيار فتؤدى الى السخونة ويمثل معامل الانحراف لقيمة الجهد المتزن معاملا مهما وهو :

معامل عدم اتزان الجهد = أقصى تغير عن المقنن / الجهد المتوسط (٩-٦)

فمثلا تغيير ٥ ف لمقنن ٢٢٠ ف يعادل ٢.٣ ٪ وهو ما يرفع الحرارة بمعدل ١٠.٣ ٪ تبعا للصيغة :

الزيادة فى الارتفاع الحرارى = ضعف مربع معامل عدم اتزان الجهد (٩-٧)

الجزء الرابع : أجهزة التحكم Remote Control

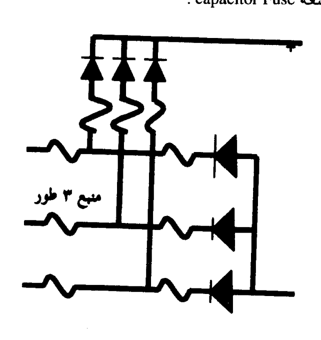
يلزم ملاءمة هذا الجزء مع نوعية المحرك وخصائصه وهو إما أن يكون يدويا أو آليا .

الجزء الخامس : المفتاح Switch

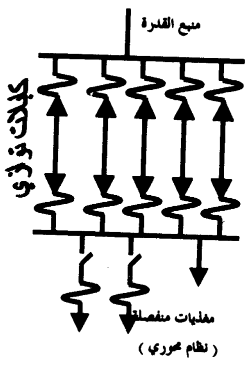
وهو قاطع الدائرة عن بقية الشبكة ويقوم بفصل المحرك وملحقاته عن مصدر التغذية عند وجود قصر .

المحور الثانى : خصائص الاختبار Testing

يستخدم المصهر لوقاية الدوائر الالكترونية أيضا كما لدوائر القوى وهو فى هذه الحالة يحمى أشباه الموصلات (الشكل رقم ٩-١٧) ويستعان به مع الدوائر الخاصة مثل محدد تيار الكابلات cable limiter حيث يظهر فى الشكل رقم ٩-١٨ مع تركيب الكابلات على التوازى Parallel cable وجدير بالذكر أنه مفيد أيضا فى الدوائر الخاصة مثل مصهر اللحام welder limiter أو مصهر السعة capacitor Fuse .



الشكل رقم ٩- ١٧



الشكل رقم ٩-١٨

أما عن أختبار خصائص المصهر فتنحصر فى الاختبارات التالية :

١- تغيير التيار المقنن مع الارتفاع الحرارى .

٢- العلاقة بين التيار وزمن الفصل وهو ما يعرف بخصائص الفصل .

٣- التيار الأدنى للفصل مشيرا الى معامل الانصهار (مستوى الحساسية) .

٤- مستوى العزل الكهربى مع مقنن التيار .

٥- أقصى تيار لا يفصل الدائرة بالمصهر وهو أيضا من العلامات المميزة لجودة المصهر .

٦- خواص قطع التيار (كما جاءت بالشكل رقم ٩-٢) .

٧- قياس مقاومة المصهر للتأكد من التأثير الحرارى وسلامة عمله .

كما يضاف تلك العوامل الهامة اللازمة للاختبار وهى :

١- علاقة الجهد والتيار المقنن .

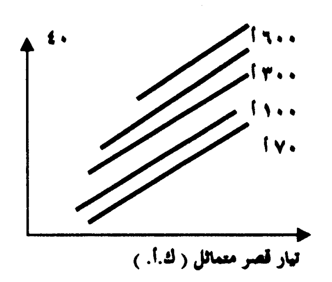
٢- تيار الصهر الأقصى fusing peak .

٣- الطاقة الحرارية بالمعامل I^2t بوحدات (ك.أ^{٢} . ث) وهى ما جاءت على سبيل المثال فى الجدول رقم ٩-١٠ لبعض أنواع المصهر القياسية وهو معامل هام مع الدوائر الالكترونية خصوصا مع الثيريثتور (الشكل رقم ٩-١٩) وكذلك معامل القدرة الحرارية للفصل والمحدد بالقيمة $I^2t^{1/2}$.

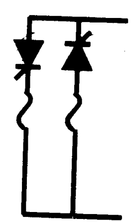
٤- علاقة تيار القصر المتماثل مع أقصى تيار مار peak let through بالنسبة للمصهر وهى العلاقة المبينة فى الشكل رقم ٩-٢٠ بالمقياس اللوغاريتمى .

جدول رقم ٩-١٠: أقصى تيار مار بقصر ١٠٠ ك. أ .

النوع	مقنن المصهر (أ)	تيار الفصل (أ)	معامل الطاقة الحرارية
الأول	٣٠	٧,٥	٧
	٦٠	١٠	٣٠
	١٠٠	١٤	٨٠
	٢٠٠	٢٠	٣٠٠
	٤٠٠	٣٠	١١٠٠
	٦٠٠	٤٥	٢٥٠٠
الثانى	٣٠	١٠	١٠
	٦٠	١٢	٤٠
	١٠٠	١٦	١٠٠
	٢٠٠	٢٢	٤٠٠
	٤٠٠	٣٥	١٢٠٠
	٦٠٠	٥٠	٣٠٠٠
الثالث	٣٠	١١	٥٠
	٦٠	٢١	٢٠٠
	١٠٠	٢٥	٥٠٠
	٢٠٠	٤٠	١٦٠٠
	٤٠٠	٦٠	٥٠٠٠
	٦٠٠	٨٠	١٠٠٠٠
الرابع	٣٠	١٤	٥٠
	٦٠	٢٨	٢٥٠
	١٠٠	٣٥	٦٥٠
	٢٠٠	٦٠	٣٥٠٠
	٤٠٠	٨٠	١٥٠٠٠
	٦٠٠	١٣٠	٤٠٠٠٠



الشكل رقم ٩-٢٠



الشكل رقم ٩-١٩

الفصل العاشر

انواع القواطع

١٠-١: القواطع الزيتية

١٠-٢: القواطع الهوائية

١٠-٣: القواطع الغازية

١٠-٤: القواطع التخلخلية



انـــــواع القواطـــــع

Types Of Circuit Breakers

تعمل القواطع على فصل الدائرة الكهربية دون الاضرار بأى من الاجزاء فى الدائرة وتزداد أهمية هذه القواطع كلما ارتفعت القدرة اللازم فصلها وتعتبر القدرة المقننة للفصل هى القدرة التصميمية لفصل الدائرة بمعنى انه لايجوز على الاطلاق فصل الدائرة بقدرات عالية من خلال قواطع ذات قدرات اقل بينما العكس صحيح اى يمكننا استخدام القاطع مثلا ١٠٠ أمبير لفصل دائرة قدرتها ٦٠ أمبير ولكن لايمكن استخدامه لدائرة قدرتها ١١٠ أمبير وهذا لان اطراف المفتاح تتحمل من الناحية التصميمية هذه القيمة من التيار.

وعلينا الان تحديد مهام القاطع فى الشبكة الكهربية وهى التى تتحدد فى:

١- فتح الدائرة المعيبة تلقائيا.

٢- عزل الخطأ عن الاجزاء العاملة في الشبكة

٣- القدرة على تحميل التيار الكبير والذى ينتج عن قصر قريب ولكن فى اختصاص فصل قاطع أخر لمدة زمنية قصيرة.

٤- يتحمل الحد الاقصى للتيار التصميمى لفترة زمنية تزيد عن اكبر فترة فصل.

٥- القدرة على مجابهة التيارات الناتجة فيما لو تم توصيلة على قصر مباشر والذى يعرف باسم Dead short circuit وهى من الحالات الواردة تكراريا فى العمليات التشغيلية عموما.

كما يلزم وضع التعبيرات الاساسية موضع الاهتمام وايضاح مفهومها وهى ما تميز اى من القواطع عن الاخر وهذه التعبيرات اساسية وتنحصر فى :

١- قدرة القطع rupture capacity

تعرف بالقدرة التى يمكن للقاطع فصلها تلقائيا دون ان تشكل علية أيه خطورة تحت الظروف التشغيلية العادية بما فى ذلك من المعاملات الانتقالية مثل الجهد الاسترجاعى recovery voltage او جهد اعادة الضرب restriking voltage وتقدر بوحدات م.ف.أ. فى الجهود العالية وبوحدات ك.ف.أ. فى الجهد المنخفض كما تحدد قيمة التيار القطعى (الشرارى) بوحدات ك.أ. عند الجهد التشغيلى المقنن وهذه القدرة تتنوع الى :

(أ) قدرة القطع التماثلية symmetrical rupture capacity وتعنى قيمة القدرة (rms) التى يمكن فصلها لحظة الفصل دون خلل فى اداء القاطع وتحتوى على مركبة التيار المتردد بدون اضافة تيارات القصر الارضية (d . c) فيها.

(ب) قدرة القطع غير التماثلية asymmetrical rupture capacity وهى تمثل مجموع القدرة الناتجة عن التماثلية مضافا اليها تلك المركبة التى تخص مركبة التيار المستمر فى لحظة الفصل .

٢- التحميل الزمنى للقاطع short time rating وهذا تحديدا يعتمد بالدرجة الاولى على التصميم الحرارى والميكانيكى ويبين مدى قدرة القاطع على تحمل تيارات قصر مجاورة قريبة لفترة زمنية محددة دون فصل القاطع وبدون الحاق الضرر الى مكوناته من اقطاب توصيل او ملحقاتها ويعبر عنه بمعامل ينتج من النسبة بين تيار القصر الاقصى الى التيار المقنن للقاطع وتتحدد تبعا للمواصفات بثلاث ثوان اذا كانت النسبة اقل من ٤٠ ولكنها تقل الى ثانية واحدة اذا زادت هذه النسبة عن ذلك.

المواصفات الامريكية تحديدا تعطى قيمتين لهذه القدرة التحميلية او بالمعنى الاصح تقدم زمنين فالاول يخص التيار اللحظى الاقصى الذى يتحمله القاطع لمدة ثانية واحدة والاخر لتلك القيمة التى تظل اربع ثوان.

٣- الجهد والتيار المقنن : بالنسبة للجهد فهناك قيمتان هما:

* أكبر جهد تشغيلى.

* اكبر جهد تصميمى لاقصى مستوى عزل لايجوز الخروج عنه.

أما التيار فهو التيار الذى يمر دون انقطاع ويتحمله القاطع تماما تحت ظروف التشغيل المعتادة وتنقسم هذه القواطع الى :

١- قواطع غازية gas circuit breakers

تتفرع هذه النوعية من القواطع الى عدة انواع تبعا لنوع الغاز المستخدم فى غرفة الشرارة وهى:

(أ) قواطع هوائية air circuit breakers

(ب) قواطع سادس كلوريد الكبريت SF6 breakers

(ج) قواطع الغازات القوية Hard gas circuit breakers

حيث تعتمد على نشأة الغازات القوية عند حدوث الشرارة عند الجدران الداخلية لغرفة الشرارة والتى عادة تكون مطلاه بالعازل المخلق لهذه الغازات بكميات كبيرة تساعد على عملية الاتحاد الايونى فتقلل من ناتج التأين وتنكسر الشرارة.

٢- قواطع سائلية Liquid circuit breakers

تتنوع هذه القواطع الى نوعين هما :

(أ) قواطع مائية water circuit breakers

تستخدم القواطع المائية (المياه المقطرة) كوسط لاخماد الشرارة الكهربية.

(ب) قواطع زيتية oil circuit breakers

منها العديد من الانواع ويتم تطبيقها على نطاق واسع خصوصا انها تعتمد على زيوت المحولات المتوفرة باستمرار ويمكن تغييرها عند الحاجة الى ذلك.

٣- قواطع تخلخلية vacum circuit breakers

انها تلك التى تستغنى عن الوسط العازل حيث يكون المكان مفرغا تماما او بقدر الامكان من الغازات والتى بدورها كانت تساعد فى عملية التأين اما بخلخلة المنطقة فلن تتواجد الذرات التى تتأين وبالتالى تمتنع الشرارة عن الظهور.

١٠-١: القواطع الزيتية Oil circuit breakers

استخدام زيوت المحولات فى غرفة الشرارة arcing chamber له أسباب هى :

١- رفع مستوى العزل فى غرفة الشرارة لان زيوت المحولات تتصف بمستوى عزلها العالى نسبة الى الهواء وهو ما يعادل ٢٤٠ ك. ف. / سم فى المتوسط مما يجعله من اكثر الوسائط العازلة استخداما خصوصا فى الجهود العالية والفائقة.

٢- تبريد منطقة الشرارة بسرعة ونقل الطاقة الحرارية المركزة الى الحجم الكلى للزيت المنتشر بالغرفة مما يساعد على تقليل الطاقة الحرارية المتواجدة اثناء الحدث الشرارى .

٣- مساعدة عملية التلاحم الايونى لتقلل من فرصة عملية التآين مما يمكننا من القضاء على الشرارة بسهولة.

٤- امتصاص الزيت الطاقة الشرارية لتتحول الى داخل التركيب الكيميائى للزيت والذى يعرف باسم decomposing the oil.

٥- تبريد الغازات المتولدة نتيجة التواجد الشرارى فى الزيت والتحليل الكيميائى لمكوناته مما يساعد فى تحسين خواصها اثناء الشرارة وتساعد فى عملية الاخماد الشرارى.

٦- الاحلال السريع للزيت الساخن المتآين بآخر بارد بالخاصية الطبيعية والمعروفة باسم تيارات الحمل فتساهم فى وقف عمليات استمرار التآين نتيجة انخفاض درجة الحرارة الذى يرفع من مستوى عزل الزيت.

٧- نقل الحرارة من منطقة الشرارة الى الزيت كله ثم الى الوسط الخارجى المحيط.

٨- ارتفاع مستوى عزل الزيت عند المرور الصفرى للتيار لتوقف عملية التآين فى هذه اللحظة مساعدا على رفع مستوى العزل ولكن هذه العملية تتأثر ببعض العوامل اهمها هو الضغط المتواجد فى غرفة الشرارة نوضحة كما يلى:

* الضغط نتيجة مستوى سطح الزيت المرتفع فوق اطراف التوصيل.
* الضغط المتولد من الشرارة.
* الضغط من التأثيرات الخارجية.

على الجانب الاخر يعيب الزيوت هذه الصفات التالية:

١- سهولة الاشتعال لاقتراب نقطة الوميض flash point والسابقة لدرجة الاشتعال .

٢- سرعة التحول الغازى الذى قد يؤول الى انفجار فى بعض الاحيان.

٣- الحاجة الى استمرارية الهواء الجاف الملامس لسطح الزيت.

تتصف القواطع الزيتية عموما ببعض المزايا نوجزها فيما يلى:

١- صغر الحجم مما يبسط فى التصميم ومكان التركيب.

٢- مستوى الاداء العالى.

٣- سهولة اعمال الصيانة.

٤- امكانية اطالة طول المسار الشرارى من خلال تقطيعها دون الحاجة الى غرف اضافية او الى اضافات فنية جديدة.

٥- امكانية تقطيع الشرارة باسلوب مبسط وبالتالى يحمى مقاومة الفصل من ايه تلفيات .

٦- يتزايد فية معدل ارتفاع مستوى العزل عن معدل ارتفاع الجهد الضارب الا انه من العيوب الخاصة بهذا النوع من المفاتيح نجد:

١- احتمالية الانفجار متواجدة بدرجة عالية نوعا ما .

٢- ضرورة الاختبارات الدورية للزيت.

٣- كثرة اعمال الصيانة بتقليل فترة الدورة الصيانية.

٤- لاتستخدم الا القدرات المنخفضة حتى ١٥٠ م.ف.أ. وعادة للجهد التشغيلى ١١ ك.ف. فأقل.

٥- يحتاج الى التحكم فى RRRV عند فصل الاحمال القليلة والتى تتراوح بين ١٠ – ٣٠ ٪ من القدرة القطعية وذلك باستخدام مقاومة توازيية shunt resistor وعادة تكون غير خطية nonlinear بالاضافة الى الاعتماد على الاقطاب المتعددة multi switch فى القاطع خصوصا مع الجهد العالى حيث لايقل عدد الاقطاب عن اربعة ويوضح الشكل رقم ١٠-١ هذه الحالات وهى تلائم الجهود ٢٢٠ و ٤٠٠ ك.ف. ومتواجدة فى التطبيقات فعلا.

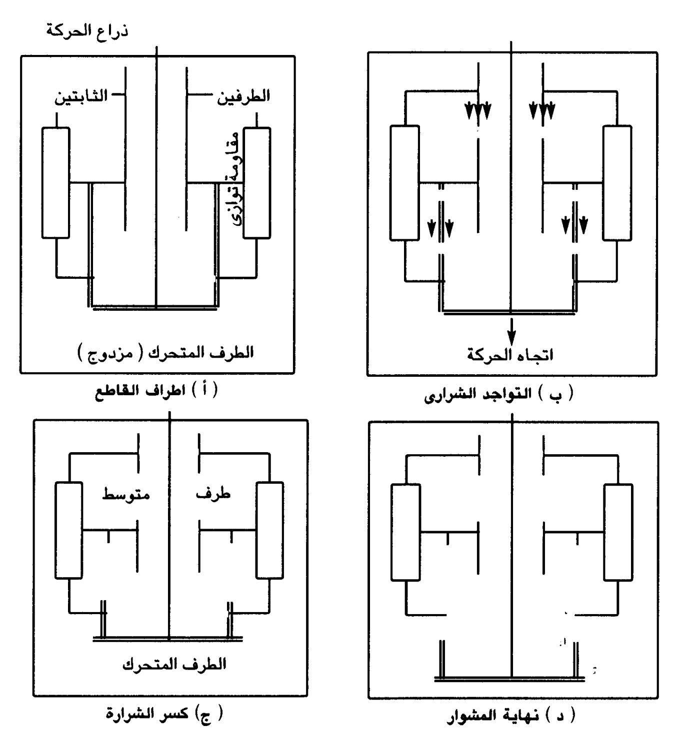
تنقسم القواطع الزيتية الى عدد من الانواع هى:

١- قاطع زيتى بسيط Plain circuit breakers

٢- قاطع زيتى ذو طابع التحكم الشرارى arc control circuit breakers ويسمى ايضا قاطع زيتى بتوليد الضغط ذاتيا self ganerated pressure circuit breakers او بأسم القاطع الزيتى بالدفع الذاتى self blast circuit breaker .

٣- قاطع بالزيت الوميضى impulse oil breakers انه يسمى قاطع الزيت المندفع forced blast oil circuit breaker او القاطع الزيتى ذو الزيت القادم من الخارج externally generated oil breaker

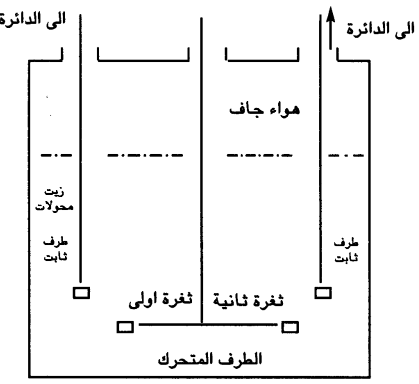
٤- قاطع زيتى قليل low oil circuit breaker



الشكل رقم ١٠-١: خطوات الفصل لمفتاح زيتى به مقاومة توازيية

اولا: القاطع الزيتى المبسط plain break oil circuit breaker

نقدم هذا النوع لسهولة الفهم من جانب القارئ حيث ان النظرية المؤسسة لعمل هذا المفتاح قد شرحت بايجاز فى الفصل السابق ولا يبقى الا التعامل مع التطبيق العملى لهذه الافكار العملية وما يصاحبها من ظواهر هامة للتغلب على العيوب كما ان الشكل رقم ١٠-٢ يعطى كروكيا لشكل القاطع الزيتى من هذا النوع المبسط وهو مزدوج الاطراف حيث يتم تقطيع الشرارة الى جزأين متباعدين على التوالى لقطع التيار الشرارى ومن هذه الظواهر الاساسية الاتى:



الشكل رقم ١٠-٢: رسم توضيحي للنوع المبسط من القواطع الزيتية

١- يفضل عدم تأريض تانك القاطع اى غرفة الشرارة الا انه فى الواقع العملى يجب التأريض لاعمال المتابعة والصيانة الدورية مثل مراجعة الزيت والعينات منه.

٢- يلزم بالضرورة المحافظة على تلامس سطح الزيت داخل القاطع بالهواء الجاف حفاظا على جودة الزيت نفسه والاطمئنان على الفصل السليم للتيار تحت الظروف التصميمية المقررة.

٣- يلزم استخدام معدن صلد لمقاومة الضغط المتزايد والمصاحب عملية اطفاء الشرارة فى كل مرة وذلك لجسم التانك او الغطاء للتغلب على اقصى ظروف تشغيل ممكنة.

٤- يجب استخدام نوعيات الجوانات الجيدة المقاومة للزيت لاحكام غلق غرفة الشرارة.

٥- لابد من التأكد المستمر من غمر كلا من اطراف الحركة والاطراف الثابتة داخل الزيت تماما حتى لا يحل الهواء الجوى محل الزيت وتنخفض بذلك مستويات العزل فتؤدى الى الانهيار الكهربى للمفتاح (القاطع) .

٦- يجب احكام طرفى الدخول الى والخروج من غرفة الشرارة حيث يتم من خلال عازلات الاختراق مثل تلك المستخدمة فى المحولات الكهربية الا انه من الواجب ملاحظة ان كلا العازلين الاختراقيين متساويية ومتطابقين لانهما على نفس الجهد بعكس حالة المحولات الكهربية.

٧- يلزم احكام الاتصال الميكانيكى مع الطرف المتحرك عند الدخول الى غرفة الشرارة Arcing Chamber والالتحام مع الذراع المحركة له.

عند فصل التيار الشرارى يتحلل بعضا من الزيت المتواجد فى المنطقة فينتج الغازات المتبخرة مسببا فقاعات غازية وسط العازل السائل الزيتى بين قطبى النشاط التأينى طرفى التوصيل وهذا يعطى فرصة لاحد الحالتين او كليهما :

(أ) زيادة كبيرة فى تولد الغازات واستمرارها وصعودها الى الهواء الملامس لسطح الزيت مما قد يؤدى الى الانفجار.

(ب) تركيز الغازات بين طرفى القاطع وتراكمها بدرجة سريعة بما يصاحبها من طاقة ديناميكية قد تتدخل فى قوة اندفاع الطرف المتحرك.

بالرغم من هذا التوالد السريع للغازات وهو ما يساعد على تقليب الزيت نفسه فتنتقل الحرارة المركزة من منطقة الشرارة لتتوزع على كمية الزيت كله وبالتالى بنقلها الى الخارج المحيط ومع ذلك فان هذا النوع معيب بما يلى:

١- توالد الايدروجين ويرفع من درجة خطورته الانفجارية.

٢- السماح بالتواجد الشرارى مدة طويلة مما يجعلنا فى حاجة الى صيانته وتغيير الزيت بمعدل قد يفوق باقى النوعيات.

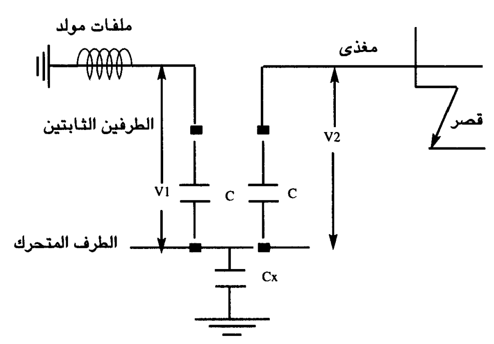
اضافة الى ماسبق نرى فى (الشكل رقم ١٠ - ٣) الدائرة المكافئة لحالة فتح القاطع الزيتى المبين فى (الشكل ١٠-٢) حيث نجد ان العزل الزيتى بين الطرفين والقاع يمثل مكثف تماما لوجود فرق جهد بين الطرفين وبينهما العازل وهذه من الاسس الكهربية فى هذا الصدد وتكون السعة متساوية لتساوى المسافات الهندسية والابعاد وحيث ان الطرف المتحرك قد يسرع فى لحظة الفصل فى احدهما عن الاخر ولو ببرهة فينشأ جهد غير متساو على الجانبين (V_1 & V_2) كما هو موضح فى الشكل رقم ١٠-٣ اما الطرف المتحرك وعزله عن جسم القاطع يمثل بسعة مخالفة (C_x) لتلك بين الاطراف المتحركه والثابته (C) ، وجدير بالذكر بانه تتواجد ايضا سعة بين الاطراف الثابتة وجسم القاطع الا اننا سوف نهملهما تسهيلا فى التحليل والدراسة.

ظاهرة انفصال احد الاطراف الثابتة قبل الاخرى عن الطرف المتحرك يتسبب فى رفع مستوى الجهود الانتقالية بدءا بالجهد على الثغرتين داخل الزيت وهذا يؤدى الى ان احد الثغرتين تتحمل ما يقرب من ٧٠٪ من اجمالى الجهد ويمثل الشكل رقم ١٠-٣ الدائرة الكهربية والمحددة لخطأ مع الارض حيث نجد ان كلا من الجهدين بين الطرف المتحرك والثابتين هما:

$$V_1 = 1 / wC \qquad (10 - 1)$$

$$V_2 = 1 / (C + \grave{C}) \, w \qquad (10 - 2)$$

وهذان الجهدان غير متساويين وبذلك يشكلان خطرا على عملية الجهود الفجائية المتلاحقة معهما ويكون هذا من احد العيوب الهامة ولكن التغلب عليها ممكنا ولمزيد من الايضاح نستطيع ان نحصل على النسبة بينهما فتكون :



الشكل رقم ١٠-٣: الدائرة الكهربية المكافئة لحالة الفصل فى القاطع الزيتى

$$V_1 / V_2 = (C + \grave{C}) / C \qquad (10-3)$$

وهى بذلك تعتمد قيمة كلا من السعتين الناتجتين عن ابعاد المحول من جهة وعن سرعة حركة الطرف المتحرك من الجهة الاخرى فمثلا اذا كانت قيمة $\grave{C}$ و C هما ١٠ و ٤٠ بيكوفاراد فنحصل على ان احد الجهدين يعادل خمسة امثال الاخر وهذا يجهد بشدة احد الثغرتين على حساب الاخرى ومن الممكن التغلب على هذه الظاهرة بادخال معوقة impedance بين هذه الاطراف على حدة حتى يتعادل التوزيع الجهدى عليهما كما ان ذلك يساهم بشكل كبير فى تعديل قيمة السعة المتسربة من خلال العزل الى الارض ومن الممكن ايضا ان يتم ذلك بوضع سعة توازيية بين الاطراف تجعل التغيير العملى بين الاطراف ليس بذات تأثير كما نشاهد هذه الفكرة فى (الشكل رقم ١٠-٤) حيث تضاف السعة ١٠٠ بيكوفاراد الى كل منهما فتقلل من التباين بينهما.

يعرف هذا الاسلوب بطريقة تعادل الجهد بالسعة Capacitance voltage grading وتعتمد على استخدام المقاومات غير الخطية nonlinear resistors فى حدود (١٠ - ١٠٠ ك. أوم) وتؤثر الخواص الفنية للقاطع على مستوى الاداء ومن هذه الصفات :

١- مشوار الحركة.

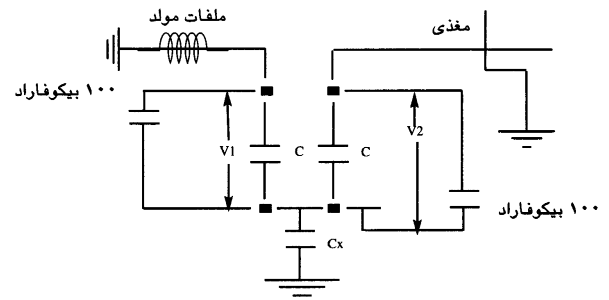
٢- سرعة الحركة للطرف المتحرك.

٣- مستوى سطح الزيت فوق مستوى الطرف الثابت.

٤- ابعاد جسم القاطع المعدنى.

٥- نوعية الزيت المستخدم.

٦- اسلوب التعادل الجهدى بين الاطراف.



الشكل رقم١٠-٤: الدائرة المكافئة للقاطع الكهربى باضافة سعة خارجية لمعادلة التوزيع الجهد

٧- القدرة القاطعية الكلية وزمنها.

٨- ابعاد الاطراف الذاتية ونوع المعدن المستخدم.

عموما تتحدد قيمة المقاومة للتيار المستمر للقاطع الزيتى تبعا للمواصفات القياسية بالاختبارات والمحددة فى (الجدول رقم ١٠-١) .

جدول رقم ١٠-١: حدود المقاومة لموصلات القاطع الزيتى

الجهد(ك.ف.)	التيار(أمبير)	المقاومة الكلية(ميكرو أوم)	مقاومة القوس الكهربى(ميكرو أوم)
٣٥	٦٠٠	٤٥	--
١٢	٣٠٠٠	١٤	٢٤٠
١١	٤٤٠٠	--	٣٠٠
١٠	١٠٠٠	٣٠	--
١٠	٦٠٠	٤٠	--

ثانيا: القاطع الزيتى ذو طابع التحكم الشرارى arc control circuit breaker

فى هذا النوع يستغل الضغط الناتج عن الشرارة ذاتها داخل الثغرة بين قطبى النشاط التأينى اثناء المرور الصفرى للتيار ولذلك يحاط الطرف المتحرك للقاطع باناء ضغط (غرفة ضغط) حيث يتم فيها عملية القضاء على الشرارة وتنتهى هذه الغرفة بعنق لها يسمح بمرور الطرف المتحرك خارجها ايضا ويكون الاعتماد اساسا على تصميم هذه الغرفة لتسمح بانهاء هذه العملية فى اقصر وقت ودون اضرار وهذه الطريقة تتميز بنقطتين هما :

١- القدرة على الارتفاع بقيمة قدرة القطع التيارى.

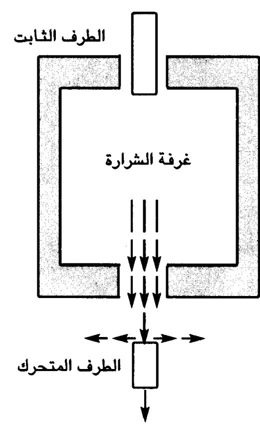
٢- تقليل زمن الفصل الشرارى.

وعلى الجانب الاخر يعيبها صعوبة التصميم لهذه الغرفة (pot) حتى يكون الضغط كافيا لحالتى

التيارات الخفيفة وتلك الكبيرة ولذلك تتنوع التصميمات الهندسية لهذه الغرفة ونذكر منها اربعة انواع على النحو التالى:

(أ) الغرفة المبسطة **plain explosion pot**

توضع اطراف التوصيل والفصل داخل غرفة ببناء قوى من المادة العازلة حيث يتولد ضغطا عاليا مع التواجد الشرارى ويكون متحدا مع الضغط الناتج من التولد الغازى المصاحب لهذه العملية اما اذا لم تنطفىء الشرارة داخل الغرفة فستصل الى خارجها اى الى المكان الذى لا يتحمل الضغط نتيجة الغازات السريعة ويمر من الرقبة فى حركة محورية ولذلك يسمى axial explosion pot ونرى فى (الشكل رقم ١٠-٥) الرسم الكروكى لهذه الغرفة موضحا عليها كيفية الخروج الغازى منها ولكن يعيب هذا الاسلوب ما يلى:



الشكل رقم ١٠-٥: غرفة الشرارة من النوع المحورى

١- يطول زمن الفصل مع التيارات الخفيفة لدرجة كبيرة

٢- احتمال الانفجار وانهيار الغرفة مع التيارات الكبيرة

٣- القدرة الفصلية breaking capacity محدودة

(ب) الغرفة النفاثه **cross jet explosion pot**

يبين (الشكل رقم ١٠-٦) هذه النوعية من الغرف الشرارية فنرى الغرفة ذات اربعة مراحل للتقطيع الشرارى اى انه فى هذا الاسلوب تم الاستعاضة عن التقطيع التوالى لاطراف الفتح باستخدام الضغط على الشرارة جانبيا على اربعة محاور متتالية اى ان الشرارة قد تنقطع فى أى منهم قبل

الاخرى وبذلك تساعد بدرجة كبيرة على عملية القطع كمحصلة على طرفى المفتاح وهذه الفكرة الهندسية جيدة وتعطى نتائج ممتازة .

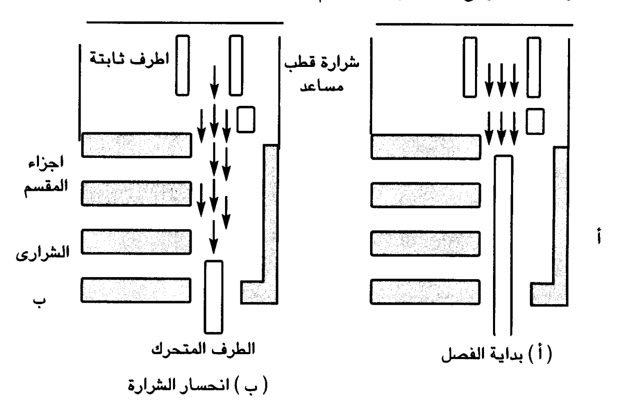
أضافة الى ذلك نجد انه بمرور الطرف المتحرك الى خارج رقبة الغرفة فتنقطع تماما خصوصا وانه منذ البداية ومع الغازات المتولدة داخل الغرفة يرتفع الضغط فيدفع الزيت عبر الشرارة من خلال المسار الوحيد المتاح وتتم على مراحل فيزيد طول الشرارة كما أن حركة الزيت تعتمد على الضغط الناتج عن الشرارة ذاتها وحتى المرور الصفرى للتيار حيث يصل الضغط الى ادنى قيمة له ولذلك فان هذا الاسلوب يتميز عن سابقة لانه يصلح للتيارات الكبيره دون خوف من إحتمالية الانفجار .

(ج): غرفة التعويض الذاتى **Self compensated explosion pot**

يجمع هذا النوع بين مزايا النوعين السابقين فى البندين (أ) ، (ب) فيصلح لكلا من التيارات الخفيفة وتلك الكبيرة جدا (الشكل رقم ١٠-٧) حيث تظهر غرفتين هما:

١- الغرفة الاولى وهى العلوية وتعمل تبعا لنظام الغرفة النفاثة.

٢- الغرفة الثانية وهى السفلية وتعمل بنظام غرفة الانفجار المبسط

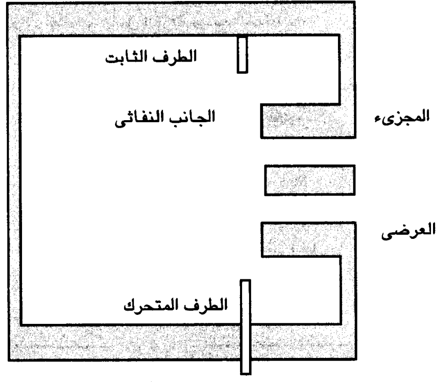


الشكل رقم ١٠-٦: مراحل الفصل الشرارى فى الغرفة النفاثة

ففى التيارات الكبيرة وهى حالات القصر يكون معدل توليد الغازات سريعا جدا وتعمل الغرفة العلوية اما فى وضع التيارات الخفيفة يتسرب الضغط من الغرفة العلوية الى تلك السفلية الى ان يتم الفصل الشرارى عند مرور الطرف المتحرك من الرقبة.

(د): غرفة الزيت المندفع **Oil blast explosion pot**

تمثل هذه الطريقة الاطفاء المحورى مع القطع الثنائى كما هو مبين فى (الشكل رقم ١٠-٨) ففى حركة الفصل تبدأ الشرارة بين القطبين رقمى ١ ، ٢ فى الغرفة العلوية بضغط عال وتستمر حتى



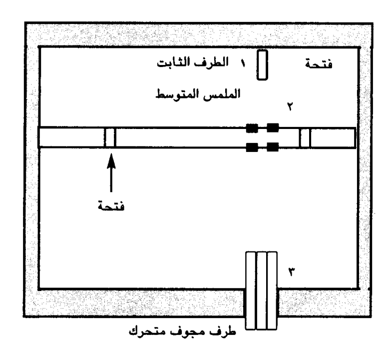
الشكل رقم ١٠-٧: غرفة التعويض الذاتى

يظهر الطرف المتوسط intermediate contact رقم ٢ ويصل الى نهاية مشوارة فى الغرفة العلوية فتبدأ فى ظهور الشرارة بين الطرفين ٢ ، ٣ فى الغرفة السفلية الا ان الطرف رقم ٣ يكون مجوفا فيسمح بمرور الزيت من داخله فيساعد بشدة على قطع الشرارة محوريا ، وهذه الطريقة تستهلك زمنا طويلا للفصل وهذا العيب الرئيسى لها.

من الاختبارات الهامة التى تحدد مدى صلاحية القاطع او تلك الاختبارات التى نحتاجها للتأكد من اعمال الصيانة التى تمت نرى فى (الجدول رقم ١٠-٢)نتائج اختبار سرعة الطرف المتحرك فى القاطع الزيتى والمطابقة للمواصفات عموما حيث يظهر سرعة للتوصيل مخالفة لتلك فى الفصل ولكن الفصل يكون اسرع بكثير وقد تحدد لكل من حالتى التوصيل والفصل لكل النتائج

جدول رقم ١٠-٢: سرعة حركة الاطراف فى القواطع الزيتية بوحدات (م/ث)

الجهد (ك.ف.)	اقصى توصيل	اقصى فصل	سرعة قطب الغرفة	سرعة الطرف المتحرك
٣٥	٥ ± ٠,٥	٣,٢ ± ٠,٣	٤,٥ /٢ (± ٠,٥)	
١٠	٤,١	٥	٣,٦ / ٣,٥ (± ٠,٥)	
١١	--	--	٣.٥ / ١.٨ (± ٠,٣)	
١٢	٢,٨ ± ٠,٣	٣,٤ ± ٠,٢	٢,٧ / ٢,٥ (± ٠,٣)	٢,٧±٠,٣ / ١,٥±٠,٣



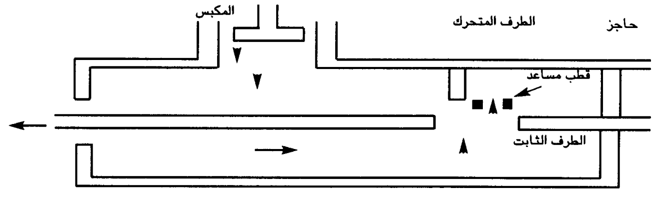
الشكل رقم ١٠-٨: اسلوب غرفة الزيت المندفع لاطفاء الشرارة

حيث نجد ان القطب الموجود فى الغرفة الشرارية يساعد فى قطع الشرارة بين الطرفين الثابت والمتحرك وله ايضا سرعة محددة فى الجدول ودائما الارقام هى التوصيل / الفصل مع التجاوز فى حدود النهاية لاعتبارها تلك التى تخص التوصيل وهى القيمة الاكبر عادة.

ثالثا: القاطع بالزيت الوميضى impulse oil breaker

هنا نقوم بتغذية غرفة الشرارة بالضغط من خلال مصدر خارجى كما فى (الشكل رقم ١٠-٩) بدلا من الاعتماد على الشرارة فى توليده ذاتيا ، بهذا نجد ان المبدأ العام لتوجية الضغط الى غرفة الشرارة من خلال مكبس piston والذى يتأثر بحركة الطرف المتحرك فى القاطع بواسطة الياى الميكانيكى ليكون متزامنا مع الجزء الالى لتشغيل الطرف المتحرك (الميكانيزم) ، ويلزم التنوية عن مزايا هذا النوع من القواطع والتى تظهر اكثر تطورا عن تلك السابقة علاوة على ان هذا المجال يتطور بصورة سريعة ويوجد فى الميدان الفعلى التطبيقى الكثير من النوعيات الجيدة غير تلك التى تملأ المعامل الكبرى المتخصصة بحثا عن الافضل والاقل تكلفة ولذلك نبين هذه المزايا فيما يلى:

١- سرعة القطع التيار عالية.



الشكل رقم ١٠-٩: غرفة الشرارة فى القاطع ذو النوع الخارجى لتوليد الضغط

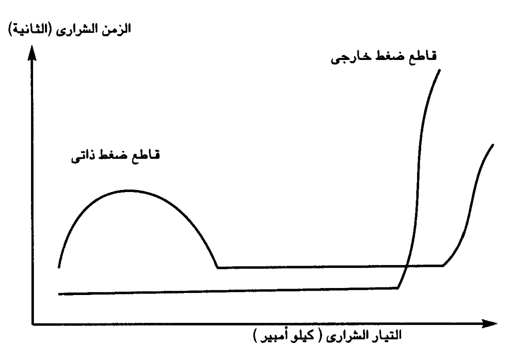
٢- سهولة التصميم

٣- يمكن الدمج بين هذا النوع والسابق دون تعقيدات

٤- تقليل كمية الزيت اللازم الى حد كبير يصل الى ربع الكمية المعتادة.

٥- امكانية بتر التيار الحثى الخفيف ببساطة.

٦- ملائم لفصل التيارات الحثية حيث ان معدل زيادة العزل الكهربى لا يعتمد على التيار الشرارى كما هو مبين فى الشكل رقم ١٠-١٠ بالمقارنة مع النوع الذاتى.



الشكل رقم ١٠-١٠: المقارنة بين زمن الفصل والتيار الشرارى فى حالتى التوليد الذاتى او الخارجى للضغط

رابعا: قاطع زيتى قليل low oil circuit breaker

من المعروف ان كمية الزيت المطلوبة لغرفة الشرارة فى القواطع عموما تتزايد بشكل كبير كلما ارتفع جهد التشغيل والتى تصل الى ٥ طن من الزيت للقواطع عند الجهد ٢٢٠ ك.ف. وهذا يزيد من معامل الخطر ويرفع من تكلفة الصيانة اللازمة خصوصا مع الجهد العالى كما انه يكون اكثر عرضة للحرائق وبذلك يشكل عيبا فى عول التشغيل للشبكة ولذلك اتجة التفكير الى القواطع الزيتية ولكن باستخدام كميات اقل من الزيت قد تصل الى ١٠ ٪ فقط من الكمية المحددة عالية وبذلك تصبح هذه النوعية افضل عن السابقة جميعا.

فى هذا النوع من القواطع تستخدم غرفة اضافية فى القاطع غير غرفة الشرارة حيث تختزن كميات الزيت المطلوبة لاطفاء الشرارة فقط على ان يستعان بمنظومة تدفع هذا الزيت الى غرفة الشرارة فور تحرك الطرف المتحرك فيه ولكن هذا قد يعيب هذه النوعية والتى لها بعضا من العيوب نذكر منها:

١- صعوبة التصميم مما يعكس الحاجة الى الصيانة المتكررة .

٢- انه قد يتولد غازات بكمية كبيرة نسبة الى غرفة الشرارة الصغيرة مما يرفع احتمالية حدوث الانفجار .

٣- يرتفع التواجد الكربونى فى غرفة اطفاء الشرارة

٤- صعوبة السيطرة على التخلص من الغازات التأينية فى منطقة الاطراف مما يصل بعمر قصير لنقط التلامس .

٥- لا يناسب الاماكن التى تحتاج الى الفصل التكرارى حيث يلزم مرور عشرة دقائق علي الاقل كفترة سماح بعد كل عملية فصل شرارى وبالتالى يحتاج الزيت الى الفحص المتتالى .

٦- طول زمن القوس الكهربى للتيارات الصغيرة .

يمكننا التغلب على هذه العيوب بالأتى:

١- استخدام مقاومات الفصل التوازيية

٢- تسريع حركة الطرف المتحرك.

٣- تكسير او تقطيع الشرارة

٤- استخدام الاطراف المتعددة على التوالى

كما يتم اختبار هذه القواطع الزيتية على جهد ذبذبى بعد اعمال الصيانة وبما لايقل عن كل ثلاث سنوات ويتم الاختبار على جهد ضعف المعتاد بفترة صغيرة زمنية وهى المحددة فى الجدول رقم ١٠-٣ .

جدول رقم ١٠-٣: بيانات الاختبار لبعض القواطع الزيتية

الجهد المقنن (ك.ف.)	جهد الاختبار (ك.ف.)	فترة التحميل (دقيقة)
٣٣	٨٥	١
١٢	٤٢	١
١١	٣٩	٥
١٠	٣٨	٥

١٠-٢: القواطع الهوائية Air Blast Circuit Breakers

هذا النوع من القواطع الهوائية هو المتواجد فى التطبيقات للجهود العالية ويعمل بنجاح ويعمل فى الجهود العالية من ٦٦ وحتى ١١٥٠ ك.ف. وبقدرات قطع كبيرة تصل الى مايزيد عن ٨٠٠٠ م.ف.أ. ولكنه ايضا متواجد فى الجهد التوزيعى والتشغيلى العالى وهى الجهود ٦,٦ - ١١ ك.ف. ويقتصر هذا على الاماكن الصناعية او محطات التوليد الكهربية حيث يتوفر الهواء المضغوط اللازم لتشغيل هذا النوع من القواطع وانتشار هذا النوع يعود الى مزاياه العديدة ومنها :

١- استبعاد خطورة الحريق

٢- سرعة الاطراف فيه عالية .

٣- ملائم لعملية اعادة التوصيل التلقائى فى الشبكات الكهربية عالية وفائقة الجهد .

٤- اتساع الفترة البينية اللازمة للدورة الصيانية سواء كانت الجسيمة او الروتينية .

٥- فترة الفصل قصيرة جدا نسبة الى الانواع السابقة من القواطع الزيتية عموما .

٦- الطاقة الشرارية بسيطة ولذلك يقل تأثيرها فى عملية النقر على الاسطح الملساء للملمسات ويطول بذلك عمر الاطراف .

٧- الصيانة الروتينية قليلة .

٨- الوسط العازل جديد ومتجدد باستمرار ولا يتكرر فيكون مستوى العزل عاليا ويساعد فى عملية الفصل بسرعة .

٩- ملائم للتشغيل فى الاماكن التى يحدث فيها فصل الشرارة كثيراً ومتكرر.

ومن العيوب لهذا النوع :

١- ضرورة اضافة محطة لضغط الهواء الجاف

٢- الاحتياج الى شبكة هواء مضغوط بمساحة المحطة لتوصيل الهواء من محطة الرفع الى مواقع القواطع فى المحطة

٣- الحساسية لجهد اعادة الضرب مرتفعة.

٤- صعوبة بتر التيار الحثى الخفيف نتيجة للابعاد الهندسية للقاطع.

٥- اضافة اعمال الصيانة لكل من محطة الهواء المضغوط وشبكة هذا الهواء لمنع الفقد فيها.

كما يمكن التغلب على نقطة الحساسية لجهد اعادة الضرب ونتائج بتر الموجه التيارية باستخدام اسلوب المقاومات التوازيه التى عادة ما تكون غير خطية وخصوصا فى حالة النوع المحورى من هذه القواطع الهوائية. وتنقسم القواطع الهوائية إلى قطاعين هامين تبعا لنظام توزيع ودخول الهواء المضغوط على مكان الشراره من اجل القضاء عليها بسرعة وهما:

١ ـ النوع المحورى Axial Blast

٢ ـ النوع العرضى Cross Blast

اولا : القاطع الهوائى العرضى Cross Blast Air circuit Breaker

يعتمد هذا النوع على نظام التقطيع الشرارى على مراحل Splitter مثل ما كان متبع مع القواطع الزيتية والموضح فى الشكل رقم ١٠ ـ ٦ حيث يتولد مسارات متباعدة للهواء المضغوط متزامنا مع استمرار حركة الطرف المتحرك وبالتالى تساعد على رفع قيمة المقاومة الحقيقية فى طريق التيار الشرارى فتنقطع الشراره وهنا لايستخدم نظام المقاومة الفصليه (التوازييه) مباشرة بل يجوز الاعتماد على اسلوب التقطيع الشرارى بالتحكم فى الجهود الانتقاليه Restriking Transients

وبالتالى يقع تأثيرها على اجزاء التقطيع المبينه فى (الشكل رقم ١٠ ـ ٦)، وبالرغم من هذا فإن هذا النوع معيب بما يلى:

١ ـ الحاجة إلى الصيانة السريعة

٢ ـ التأثير الشديد بعدد عمليات الفصل الشرارى

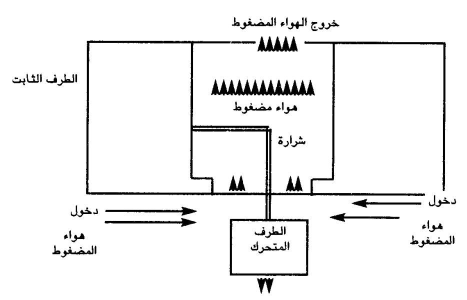
٣ ـ القدرة القطعيه للشرارة يجب ان تكون منخفضة وهكذا لايستخدم هذا النوع مع الجهود التشغيليه العالية ويتوقف عند الجهد ٦٦ ك . ف . تقريبا.

ثانيا : القاطع الهوائى المحورى Axial Blast Air Circuit Breaker

بالرغم من ان هذا النوع يختلف فى اتجاه الهواء ليصبح محوريا فى اتجاه حركة الطرف المتحرك من ملمسات القاطع الا انه ينبثق منه نوعان رئيسيان تبعا لطريقة توزيع الهواء عند الملمسات على النحو التالى:

النوع الاول : النوع المفرد Single Type (الشكل رقم ١٠ ـ ١١) وهو ما يوضح ان اتجاه الهواء يأتى عرضيا متعامدا على الطرف المتحرك او موازيا له الا انه يدخل الهواء إلى منطقة الشرارة ويتوحد اتجاه مرورة إلى داخل الطرف الثابت المجوف من داخله فيخرج إلى خارج القاطع بعد ذلك.

يجب التأكيد على اهمية التلاحم القوى بين طرفى القاطع المتحرك والثابت ولذلك يعد اختبار المقاومة الكهربيه للتيار المستمر لهذه الاطراف من المحاور الاساسيه التى تنم عن سلامه القاطع من عدمه ويقدم (الجدول رقم ١٠ ـ ٤) قيمة المقاومة هذه لبعض القواطع الهوائية.



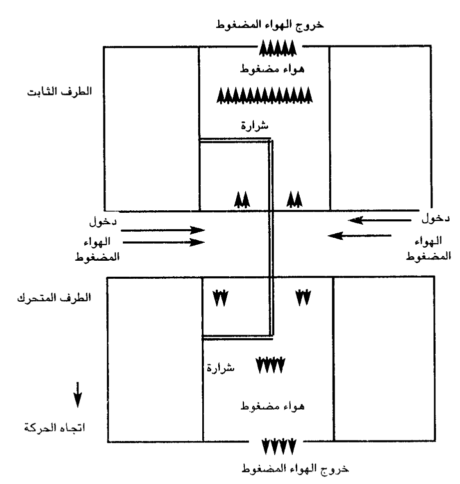
الشكل رقم ١٠ ـ ١١ : اتجاه حركه الهواء المفرده فى النوع المحورى

النوع الثانى : النوع المزدوج Double Type (الشكل رقم ١٠ ـ ١٢) وهنا يختلف الوضع حيث يأتى إلى منطقة الشرارة ليتحول فى اتجاهين عكس بعضهما فالاول إلى داخل الطرف الثابت كما كان فى النوع الاول بينما الثانى يدخل فى داخل الطرف المتحرك وهو المجوف ايضا وبالتالى

جدول رقم ١٠ ـ ٤ : حدود المقاومة DC لاقطاب القاطع الهوائى

جهد التشغيل (ك . ف .)	جهد التشغيل (ك . ف .)	لاتقل المقاومة عن (ميكرو اوم)	
		غلاف او الفاصل	قطب التوصيل
٢٢٠	١,٥	١١٠	١٥٠
١٣٢	١,٥	٨٠	١٣٠
٦٦	١,٢	٨٠	١٣٠

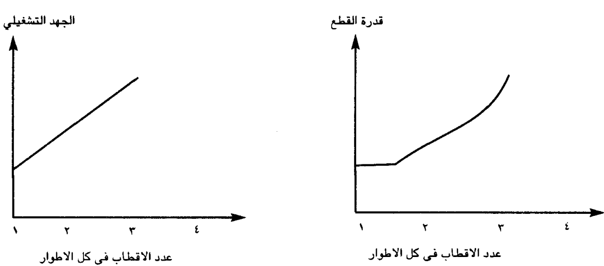
يخرج كلا من هذين النوعين من الهواء إلى خارج القاطع مباشرة. ولذلك يسمى هذا النوع احيانا باسم النوع القطرى Radial وهو الذى يتيح فرصة للتبريد الشرارى مضاعفا ويزيد من قدرة مقاومة الحركة الشرارية. لهذا يمكن الاعتماد على هذا الطراز فى الجهود الاعلى بالاضافة إلى امكانيه رفع القدرة القطعية للشرارة وتتسابق المصانع العاملة فى هذا الحقل فى التصميمات العديدة والمتنوعة تطبيقا لهذا النوع سواء كان مفرد او عديد القطبيه لكل وجه خصوصا وان العلاقة بين عدد الاقطاب والموضحة فى الشكل رقم ١٠ ـ ١٣ وكلا من الجهد التشغيلى وقدرة القطع موضحة ليكون التزايد خطيا بالنسبة للجهد وغير خطى كما هو المتوقع بالنسبة للقدرة التى يعمل عندها القاطع تصميميا.



الشكل رقم ١٠ ـ ١٢: اتجاه حركة الهواء المزدوج فى القاطع المحورى

جدير بالذكر انه من الممكن اتباع اسلوب مقاومة الفصل Resistance Switching فى حالة تعدد اقطاب الطور الواحد فى القاطع مع التحكم فى قيمه RRRV وبتوزيع الجهد المتدرج grading Voltage ويمكن ان تتعدد غرف اطفاء الشراه بتعدد الاقطاب ويبين الشكل رقم ١٠ ـ ١٤ احدى هذه الغرف الشرارية وبتوصيل المقاومات تبعا لما كان محددا فى (الشكل رقم ٨-١٩ ج) حيث يعمل القطب المساعد على دوران الشرارة بسرعة فتقلل من تركيز طرفها على سطح الملمس اى دوران هذا التلامس وهذا يعنى ان التلامس يصبح مع السطح فى شكل دائرى وليس نقطة مما يقلل

nominal voltage rupture capacity



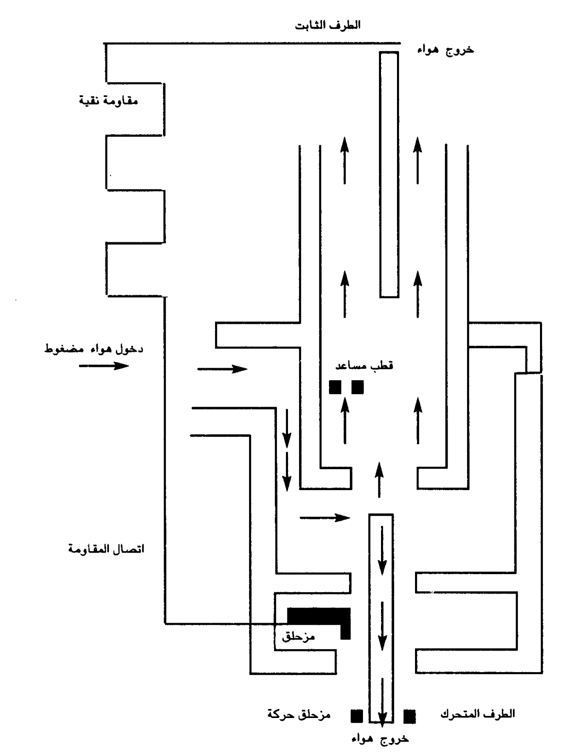
الشكل رقم ١٠ ـ ١٣: تأثير تعدد عدد الاقطاب على رفع قدرة القطع والجهد التشغيلى

تأثير عملية النقر من نقطة واحدة إلى عدد النقاط الواقعة على محيط الدائرة وهذا يرفع من قدر هذا الاسلوب ويطيل من عمر الملمسات بدرجة كبيرة.

كما ان قطع التيار الكبير عن قصر عند المرور الصفرى يرفع من قيمة الجهد الانتقالى الضارب Restriking Voltage ولكن بارتفاع الضغط الهوائى الذى يصل إلى ٢٠ كجم/ سم٢ بحيث الا يقل عن ١٨ كجم/ سم٢ حتى لايحدث الضرر فى انخفاض معدل العزل ويؤثر على القدرة القطعية وهذا الهواء يكون حديثا وغير متآيّن وباندفاعه داخل المنطقة الشرارية يقوم بعملية التبريد فيها وينقل الحرارة إلى الخارج ويمنع من عملية اعادة الضرب الكهربى.

بينما فى نفس اللحظة تتحرك الغازات المتولده الساخنة بين الطرف الثابت والقطب المساعد مما يزيح هذا من الطريق وبمساعدة المقاومة فى طريق التيار الكهربى فينقطع بسرعة خصوصا وان معامل القدرة (P.F) يكون هو الوحدة لان المقاومة الفصلية هى المؤثرة ويتم ذلك إلى ان ينفصل الطرف المتحرك عن الجزء المتزلق والذى يكون متصلا بالمقاومة فيساهم بشكل كبير فى قطع التيار بسرعة.

من الضرورى التعرض لقيمة المقاومة الملحقة على غرفة الشرارة حيث انها تخضع للتحليل



الشكل رقم ١٠ ـ ١٤ : غرفة اطفاء الشرارة

الرياضى السابق التعامل معه ولكننا نضع الخبرات العلمية والعملية والقيم القياسية فى هذا الصدد حيث يقدم (الجدول رقم ١٠- ٥) بعض المقاومات لعدد من القواطع الهوائية وقيمتها محددة للتيار المستمر وبوحدات « الاوم ».

يجدر الاشارة إلى ان اطراف واقطاب التوصيل فى القواطع الكهربيه لابد وان تصنع من النحاس عالى التوصيليه الا ان النحاس لايتحمل التأثير الميكانيكى عند حدوث الشرارة وما يعقبها من اجهاد نقرى على السطح ويكون سريعا جدا مع معدن النحاس ولذلك يتم طلاء هذه الاطراف

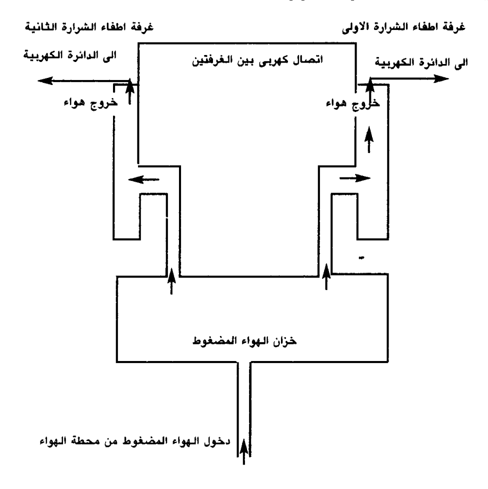
جدول رقم ١٠ ـ ٥ : بيان حدود المقاومات للقواطع الهوائية

جهد التشغيل (ك . ف .)	التيار (ك . ا.)	المقاومة (اوم)
٥٠٠	١,٨	١٤١٤٤ +١٤٢
٢٢٠	١,٥	٥٧ + ٢
١٣٢	١,٥	١٢٠
٦٦	١,٢	٧٠

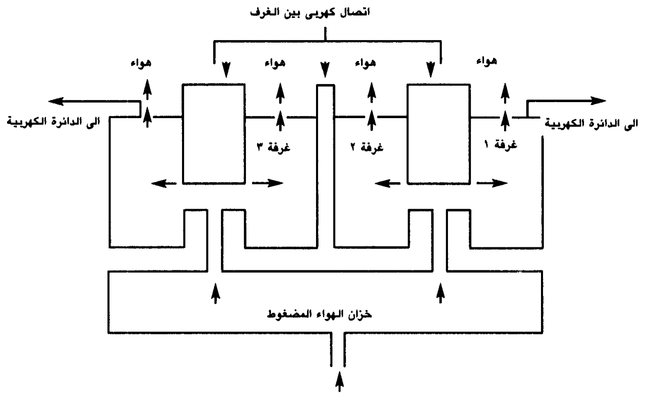
بسبيكه معدنيه مكونه من الفضه والتنجستين كى يتحمل السطح هذه الاجهادات وفى الكثير من الاحيان يصنع نفس الجسم المعدنى من النحاس المفضض.

لزيادة كفاءة القطع الكهربى يتم استخدام مزدوج لغرفة الشرارة على النحو المبين فى (الشكل رقم ١٠ ـ ١٥) حيث يتم وضع الغرفتين على جانبى التانك الهوائى ليندفع منه الهواء الجاف المضغوط الى الغرفتين فى وقت واحد.

ويمكننا مضاعفة الغرف إلى اربع كما فى(الشكل رقم ١٠ ـ ١٦) حيث يوضع غرف مزدوجة بدلا من الفردية السابقة فى(الشكل رقم ١٠ ـ ١٥) وهذا يوضح ان اهم مزايا هذا النوع من القواطع يصبح امكانية مضاعفة عدد الغرف الشرارية فيه.

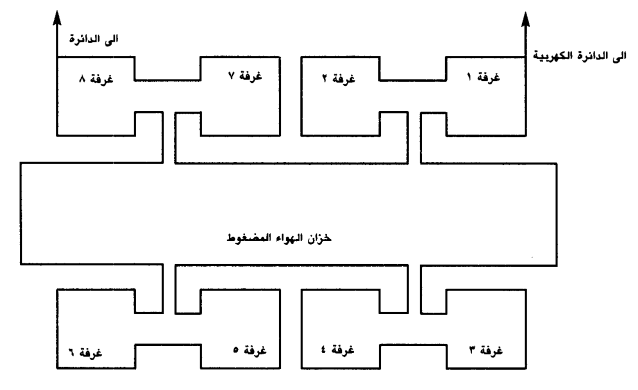


الشكل رقم ١٠ ـ ١٥ : حركة الهواء المضغوط إلى غرفتى اطفاء الشرارة

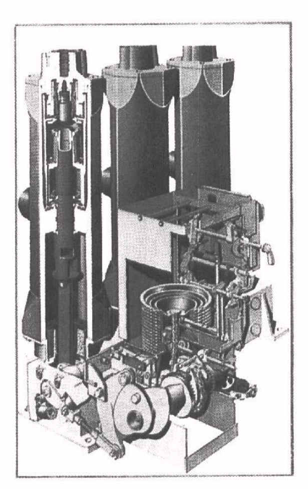


الشكل رقم ١٠ ـ ١٦ : حركة الهواء المضغوط لقاطع رباعى غرف الشرارة

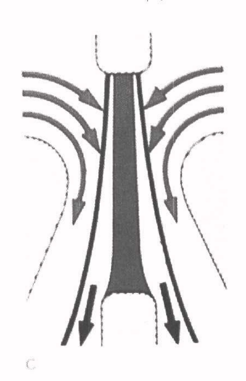
كما تستطيع ان نضاعف هذه الغرف إلى ثمان بتوزيعة كما فى (الشكل رقم ١٠ ـ ١٧) حيث يكون على كل جانب اربعة وهى بالتوزيع الهندسى المقبول.



الشكل رقم ١٠ ـ ١٧ : القاطع الكهربى ثمانى الغرف الشرارية



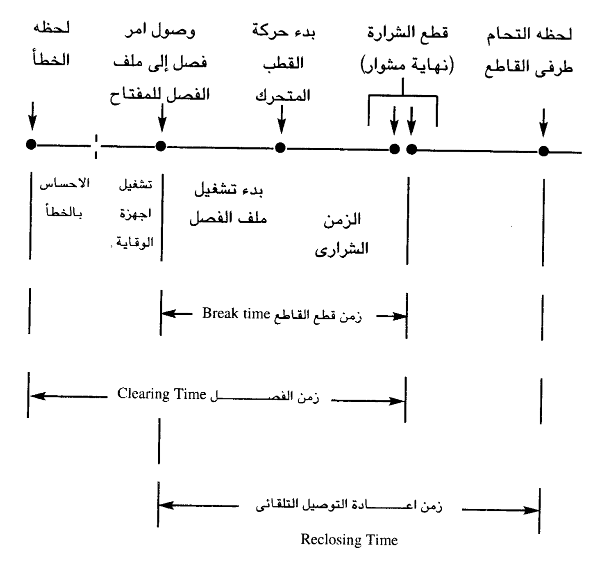
الشكل رقم (١٠ - ٢١)



الشكل رقم (١٠ - ٢٢)



كما يجب توضيح احد التعبيرات الهامة فى هذا المجال والذى يخص زمن فصل القاطع للدائرة والذى يزيد عن زمن الفصل المقنن Rated Interrupting Time للقاطع ذاته كما هو موضح فى الشكل رقم ١٠ ـ ١٨ حيث نجد الزمن محتسبا منذ ان يقع الخطأ فى الشبكة وهى لحظة الصفر.



الشكل رقم ١٠ ـ ١٨ : التوزيع الزمنى لعمل القاطع فى الشبكة

وجدير بان نوضح زمن الفصل للقاطع السريع لايتعدى ٢ ـ ٣ دورة Cycle اما بالنسبة لزمن اعادة التوصيل التلقائى فيتحدد بالزمن وهو عادة يكون ٣ ثوان للتوصيل الاول و ١٥ للمرة الثانية او تكرارها ويترتب الزمن كما هو وارد فى الشكل المعطى للزمن، ولذلك نجد ان المواصفات الفنية العامة للقواطع يجب ان تشمل البيانات الاولية والتى اصبحت الآن مفهومه بعد الشرح السابق على النحو التالى:

١ ـ الجهد المقنن Rated Voltage 10/ 11.5 kV

٢ـ الذبذبة الطبيعية Rated Frequency 50 Hz

٣ـ قدرة القطع التماثلية Symmetrical Rupture Capacity 20.4/ 17.8 kA

٤- قدرة القطع غير التماثلية Asymmetrical Rupture Capacity 25.5/22.2 kA

٥- قدرة التوصيل على قصر Making Capacity 52/45kA

٦ - تيار الزمن القصير Short Time Current 20.4/13.2kA

٧ - توقيت التوصيل التلقائى Operating Duty 0 - 3 -Co - 15 - Co

وهذه البيانات وضعت لها ارقاما كمثال لفهم المعنى كما انها تتبع النظام الامريكى الشامل لتوقيتين ١ ، ٤ ثانية كما سبق الايضاح، كما انه يتحدد معامل لقطع التيار ويعرف باسم معامل قدرة القطع ويعتمد على نوع الدائرة وعدد الاوجه بها وهى تتحدد فى (الجدول رقم ١٠-٦) . بذلك تحسب قدرة القطع بالمعادلة

قدرة القطع = تيار القطع التماثلى × الجهد المقنن × معامل قدرة القطع (١٠ – ٤)

اما القوة العظمى اللازمة للتوصيل على قصر مباشر تتحدد كداله فى مربع القيمة القصوى لتيار

جدول رقم ١٠ - ٦ : معامل قدرة القطع

قيمة معامل قدرة القطع	عدد الاوجة
١	١
٢	٢
$\sqrt{٣}$	٣

القصر فى المنحنى الجيبى ولذلك تدخل هذه القيمة فى حساب قدرة القطع الكلية للقاطع وهى :

م . ف ١٠أ٠ = القوة القصوى لتيار القصر × ا لجهد المقنن × معامل قدرة القطع (١٠ – ٥)

وهذه القدرة عادة تكون اكبر من القدرة التماثلية بمعامل يقدر فى المتوسط بالقيمة من ٤و٢ إلى ٧و٢ حيث ان:

القدرة غير التماثلية = القدرة التماثلية × المعامل المتوسط (١٠ – ٦)

اضافة إلى هذا تتأثر قدرة القطع هذه بمعدل ارتفاع جهد الضرب والذى يعتمد على معدل التآين فى المنطقة الشرارية وبالتالى تيار القطع وقيمة الجهد الاسترجاعى كما سبق الشرح وهى عمليات معقدة من الناحية الرياضية خصوصا اذا ما كثرت الذبذبات الطبيعية فى الدائرة ولذلك يتبـــع اسلوبا هندسيا بالجداول ذات المعاملات التصحيحية للقيمة التصميمية بدلا من الدخول فى دوامات التحليلات الرياضية العديدة ولذلك يلزم اجراء الحساب لكل من أقصى تيار خطأ محتمل ليفصله القاطع فى موقعة بالشبكة ثم اقصى قيمة تياريه لحظية للتيار غير التماثلى وهو ما

يمكن ايجادة من جميع الاحتمالات النوعية للخطأ مكانا ونوعا الا انه من الناحية العملية يمكن الاكتفاء بحساب الخطأ الثلاثى المتماثل.

كما يلزمنا احتساب قيمة الممانعة الانتقاليه للمولدات والمحركات المتزامنه فى الشبكة وبذلك يكون قد تحدد ما يخص الشبكة او الدائرة اما ما يعتمد على نوع القاطع وخواصة او مواصفاته الفنية من حيث زمن الفصل الكلى له فيمكننا الاستعاضه عن العمليات الرياضية باحتساب معامل التصحيح لادخال تأثير المكونه الثابته فى التيارات الانتقالية على النحو المبين فى الجدول رقم ١٠ ـ ٧ لايجاد القيمة الكلية للتيار الذى نحتاج إلية ليصبح التيار القطعى للقاطع.

جدول رقم ١٠ ـ ٧ : معامل التصحيح لادخال تأثير مكونه التيار المستمر فى التيارات الانتقالية للقواطع

زمن الفصل (دوره)	معامل التصحيح
٨	١,٠
٥	١,١
٣	١,٢
٢	١,٤

بعد ذلك نستطيع ان نتعرض إلى المواصفات الفنية للقواطع الهوائية المتداولة فعلا فى الاسواق وحدود ادائها وهى مجدوله فى (الجدول رقم ١٠ ـ ٨) حيث نرى حدود التيار العادى مقرونه بالجهد التشغيلى.

مثال ١٠ ـ ١ :

اوجد القدرة التماثلية لقاطع ١,٢ ك٠أ٠ ، ١٥٠٠ م٠ف٠أ٠، جهد ٣٣ ك٠ف٠بمدة ٣ ثوان ٣ طور الطراز.

الحل:

التيار المقنن = ١٢٠٠ امبير

التيار التماثلى = ١٥٠٠ / ($\sqrt{٣}$ × ٣٥) – ٢٦,٢٥ ك٠أ٠ (RMS)

تيار التوصيل إلى قصر = ٢٦,٢٥ × معامل القصر = ٢٦,٢٥ × ٢,٥٥ = ٦٧ ك٠أ٠

التحميل الزمنى = ٢٦,٢٥ ك٠أ٠ لمدة ٣ ثوان

مثال ١٠ – ٢:

اختار القاطع المناسب ومواصفاته للشبكة المعطاه فى الشكل رقم ١٠ – ١٩

٣ مولدات كل منها ١٢,٥ م٠ف٠أ٠ وممانعه الانتقاليات ١٤٪

الحل:

نختار قيمة اساسية لحسابات القدرة وهى ٣٧و٥ م٠ف٠أ٠ والمقاومات فى نظام الوحدة

جدول رقم ١٠ ـ ٨ : البيانات الفنية لبعض القواطع الهوائية

الجهد (RMS) (ك.ف.)		قدرة القطع (م.ف.ا.)	التيار المقنن (امبير)
المقنن	اقصى قيمة		
٣	٣,٦	٥٠ ١٥٠ ٢٥٠	٤٠٠ ٦٣٠-١٢٥٠ ١٢٥٠-٢٥٠٠
٦	٧,٢	١٠٠ ١٥٠ ٢٥٠ ٥٠٠	٤٠٠ ٤٠٠-١٢٥٠ ٦٣٠-١٢٥٠ ١٢٥٠-٢٥٠٠
١٠	١٢	١٥٠ ٣٥٠ ٥٠٠ ١٠٠٠	٤٠٠ ٦٣٠-١٦٠٠ ٦٣٠-٢٥٠٠ ١٢٥٠-٢٥٠٠
١٥	١٧,٥	٣٥٠ ٥٠٠ ١٠٠٠	٦٣٠-١٢٥٠ ٦٣٠-١٢٥٠ ١٢٥٠-١٦٠٠
٢٠	٢٤	٥٠٠ ١٠٠٠ ١٥٠٠	٦٣٠-١٢٥٠ ١٢٥٠-١٦٠٠ ١٦٠٠
٣٠	٣٦	٥٠٠ ١٠٠٠ ٢٥٠٠	٦٣٠ ١٢٥٠ ١٦٠٠
٦٠	٧٢,٥	١٠٠٠ ٢٥٠٠	٦٣٠ ١٦٠٠
٢٢٠	٢٤٥	٣٥٠٠ ٧٥٠٠ ١٥٠٠٠	٨٠٠ ١٦٠٠ ١٦٠٠
٣٨٠	٤٢٠	١٠٠٠٠ ١٥٠٠٠ ٢٥٠٠٠	١٢٥٠-٢٠٠٠ ١٢٥٠-٢٠٠٠ ٢٠٠٠

ممانعة المولد = ٣٧,٥ X ١٤ / ١٢,٥ = ٠,٤٢

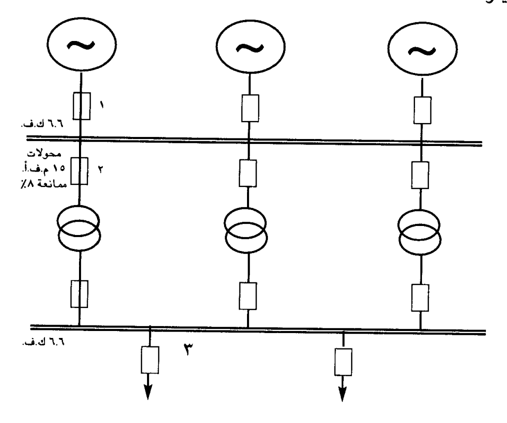
ممانعة المحول = ٣٧,٥ X ٨ / ١٥ =٠,٢

التيار (نظام الوحدة) = ٣,٢٨ للجهد ٦,٦ ك٠ف و ٣٢٨ و٠ك٠أ٠ للجهد ٦٦ ك٠ف٠

تيار الخطأ عند النقطة ١ = ٣٢٨٠ / ٠,٢١ = ١٥,٦ ك٠أ٠

القدرة = ٣٧,٥ / ٠,٢١ = ١٧٩ م٠ف٠أ٠

التيار المقنن فى القاطع = ٣٢٨٠ / ٣ = ١٠٦٦ امبير من الجدول السابق للتوضيح (ولكنه توجد جداول متدرجة لجميع الجهود وهى التى يستخدمها المصمم) ونستطيع اختيار القاطع المناسب للجهد ٦,٦ ك٠ف٠ التيار ١٢٥٠



الشكل رقم ١٠ ـ ١٩ : الشبكة المقترح لها اختبار القاطع المناسب

عند النقطة ٢:

تيار الخطأ = ٣٢٨٠ / ٠,١٤ = ٢٣,٤ ك٠أ٠

قدرة الخطأ = ٠,١٤/٣٧,٥ = ٢٦٨ م٠ف٠أ٠

التيار المعتاد = ٣٢٨٠ X ١٥ /٣٧,٥ = ١,٣١ ك٠أ٠

نختار من الجدول للجهد ٦,٦ ك٠ف٠ القاطع بتيار ١٦٠٠ امبير

عند النقطه ٣:

$$X_1 = 0.42/3 + 0.2/3 = 0.21 \text{ p.u}$$

$$X_o = 0.2/3 = 0.07 \text{ p.u}$$

بالنسبة للخطأ الثلاثى التماثلى نحصل على :

تيار الخطأ = ١/٠,٢١ = ٤,٧٦ وحدة

فى حالة خطأ احد الاوجة إلى الارض Line To Earth Fault نحصل على التيار :

التيار = ٣ × ١ / (٢ × ٠,٢١ + ٠,٠٧) = ٠,٤٨/٣ = ٦,٢٥ وحدة.

لذلك نختار هذه القيمة لانها أعلى قيمة لتيار الخطأ المحتمل عند هذه النقطة وبالتالى نحصل على قيمة تيار الخطأ بالامبير وهى = ٦,٢٥ × ٣٢٨ = ٢٠٥٠ امبير.

القدرة = ٦,٢٥ × ٣٧,٥ = ٢٣٤ م٠ف. أ٠.

ويكون التيار المعتاد هو الناتج من المحولين على التوازى اى ضعف التيار للمحول ويكون هو التيار = ٢ × ١٣١ = ٢٦٢ امبير.

نختار من الجداول للجهد ٦٦ ك٠ف٠ بقدرة ٧٥٠ م٠ف٠أ٠.

١٠ - ٣ : القواطع الغازية Gas Circuit Breakers

ظهرت فى العقود الاخيرة القواطع الغازية ومنها تلك التى تعمل على تحريك الشرارة الناتجة عند الفصل فى غاز ساكن لايساعد على التأين ومنها ما يستخدم غازات ذات خواص مميزة للقضاء على الشراره الكهربيه ومن افضل الغازات التى تستخدم فى مجال العزل الكهربى بعد الهواء الجوى العادى يأتى غاز سادس فلوريد الكبريت SF6 لأنه يتميز بما يلى:

١ - الاستقراد الحرارى حيث معامل الزمن الحرارى للغاز صغير جدا وبذلك يكون متاحا التكرار الشرارى المتتالى دون ان يتأثر الوسط الغازى كعازل كهربى.

٢ - ارتفاع شدة العزل الكهربى وتصل إلى مستوى زيت المحولات عند زيادة الضغط إلى ٣ ضغط جوى وتكون اعلى من عزل الهواء بـ ٢,٣٥ مره بالرغم وجود غازات لها خاصية عزل أفضل (جدول رقم ١٠ - ٩)

٣ - القدرة الفائقة على أطفاء الشرارة وعودته بعد ذلك مباشره إلى حالته العازله دون انقاص لا فى الكم او الخواص.

٤ - غير قابل للاشتعال وبالتالى غير قابل للانفجارخصوصا وأنه خامل كيميائيا .

الجدول رقم١٠ - ٩:القيمة النسبية لشدة العزل الكهربى لبعض الغازات التى لها خاصية العزل الكهربى منسوبة الى عزل الهواء الجوى عند الضغط الجوى والحرارة المقننة

الغـــــاز	نسبة العزل الى الهواء
الهواء	١
غاز SF6	٢,٣٥
غاز CC14	٦,٣٣
غاز CC13F	٣,٥
غاز CC12F	٢,٤٢
غاز CF4	١,٠١

٥ ـ غير سام.

٦ ـ بدون رائحة.

٧ ـ كثافتة عالية (١.١٦ جم/ لتر) وتعادل خمسة امثال تلك الخاصة بالهواء لأن وزنة الجزئى يساوى ١٤٦.

٨ ـ توصيليته للحراره عالية وتعادل ١,٦ مرة اعلى من الهواء.

٩ ـ المواد المعدنية الناتجة فيه عند التواجد الشرارى عازلة كهربيا.

١٠ ـ لايتأثر عند استمرار التواجد الشرارى لفترة طويلة ويحتفظ باتزانه الكيميائى ولهذا يمكن استخدامه عند الدوائر التى تحتاج الى اعادة توصيل ويبين(الجدول رقم ١٠ – ١٠) بعض البيانات الاساسية للمفاتيح الغازية على الجهود المختلفة .

١١ ـ يظل فى حالته الغازية حتى ٩ درجة مئوية.

١٢ ـ لايتغير حجمة بعد التواجد الشرارى ويعود إلى حالته العادية فورا.

اما عيوبه فتتلخص فى :

١ ـ بعض النواتج الشرارية من غازات سامة وان كانت كمياتها قليلة جدا تكاد لاتذكر عمليا.

٢ ـ ينتج بعض المواد الخطرة عند العملية الشرارية.

٣ ـ قد يكون له من الاضرار الصحية على العاملين فى حقل الصيانة مما يستلزم رعايتهم الصحية بصفة مستمرة.

الجدول رقم١٠ ـ ١٠: البيانات المقننة للتركيبات الكهربية لغاز سادس فلوريد الكبريت

الجهد المقنن (ك ف)	٣٦	٧٢	١٢٥	٢٥٠	٤٠٠	٥٠٠
التيار المقنن (ك أ)	١,٢ – ٢	١,٢ – ٢	٢ – ٣	٢ – ٤	٢ – ٤	٢ – ٤
تيار القطع (ك أ)	٣٢	٤٢	٣٢ – ٤٠	٥٠	٥٠	٥٠
سعة القطع (كيلو م ف أ)	١,٨	٣,٥	٧,٥	١٠	٣٥	٥٠
دورات العمل للفصل (دورة)	٣	٣	٣	٢–٣	٢	٢
شدة عزل ٥٠ هيرتز (ك ف)	٧٥	١٦٠	٢٧٥	٤٦٠	٦٨٠	٨٤٠
عزل نبضى (ك ف)	١٧٠	٤٠٠	٥٥٠	١٠٥٠	١٤٢٥	١٨٠٠

٤ ـ يلزم معالجة وتجديد الغاز بعد كل عملية اطفاء شرارى.

٥ ـ مرتفع السعر.

٦ـ إمكانية إسالة الغاز .

٧ـ تواجد الرطوبة وإن كانت بنسبة صغيرة .

من الخواص الكيميائية لغاز سادس فلوريد الكبريت تلك الخاصية الشرارية التى تصاحبها

دائما درجات الحرارة العالية وعندما يبدأ التحول الكيميائى فنجد اكبر ميزة لهذا الغاز هو انه يتفكك وان كان بدرجة قليلة كما هو مبين فى (الشكل رقم ١٠ ـ ٢٠) اضافة إلى ان هذا التفكك مع الارتفاع الهائل الحرارى عبارة عن عملية عكسيه وتتم لحظيا بمعنى انه بتبريده يعود مباشرة إلى حالته العادية وهو ما يعبر عن الاتزان الكيميائى، كما اننا نرى من (الشكل رقم ١٠ ـ ٢٠) ان الوسط يصبح بلازما موصلة للتيار فور ظهور الالكترونات الحره ولكن بانتهاء الشرارة تعود درجات الحرارة إلى الانخفاض السريع ويعود الغاز SF6 إلى التواجد مرة اخرى.

اما عن مزايا استخدام هذه النوعية من القواطع فى الشبكات الكهربيه نجدها مشجعة للقبول الاكثر فى المستقبل حيث نوجز بعضا منها مثل:

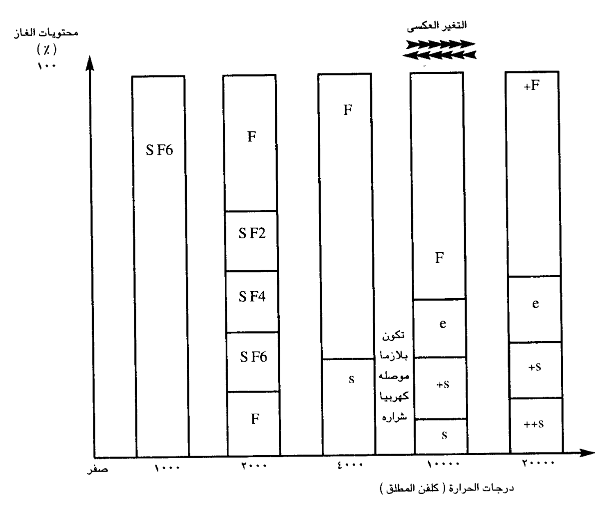
١ ـ التخلص من مشكلة التلوث البيئى والذى اضر من قبل بالبيئة.

٢ ـ تقليل المساحات الارضية المطلوبه لانشاء نفس المحطات بالاسلوب السابق.

٣ ـ الامان الكامل فى الاستخدام.

٤ ـ بساطة التشغيل.

٥ ـ سهولة الصيانة.



الشكل رقم ١٠ ـ ٢٠ : مراحل التغير الكيميائى لغاز SF6 مع درجات الحرارة العالية

٦ ـ عزل المعدات عن تأثير الظروف الجوية تماما خصوصا فى الاجواء الحارة مثل مصر والمنطقة العربية.

٧ ـ امكانية قطع الشرارة بسهولة وبسرعة عند المرور الصفرى مباشرة مولدا جهدا انتقاليا عاليا اذا ما تأخر قليلا ويكون الفصل اضطراريا وهى الحالة التحويلية التى تعرف باسم الفصل الجبرى Forced Switching وهى الاوضاع غير المرغوب فى حدوثها.

بالنسبة لتركيب القاطع من هذا النوع فهو قريب الشبة إلى حد كبير مع تلك الهوائية والسابق شرحها كما فى الشكل رقم ١٠ –٢١(ص٢١٣) حيث تتكون غرفة الشرارة من ثلاث اسطوانات معدنية فى اولهم يتواجد الطرف الثابت وفى ثانيهم الطرف المتحرك ويتزحلق داخل تلك الاخيرة ويبين المنظر الفوتوغرافى لغرفة الشرارة قطاعا كاملا بها زيادة فى التوضيح علاوة على ظهور الجهاز الحركى مع اليايات اللازمة له وهو ما يؤكد على صغر حجم هذا النوع من القواطع.

الاطراف هنا تصنع من النحاس او سبيكة النحاس مع الفضة وتكون مطلاه بسبيكة النحاس التنجستين كمواد مقاومة للشرارة ويقصد بهذا انها تقاوم عمليات النقر والتآكل الناتج عن الضرب الشرارى فى النقاط السطحية على المعدن، كما ان الطرفين (المتحرك والثابت) مجوفين من الداخل للسماح بالمرور الغازى محوريا داخلهما لاطفاء الشرارة، وتتشكل مقدمة الطرف الثابت على شكل بوق Arcing Horn فيوضع بداخلة حتى يستطيع نقل الشرارة ما بين الطرفين الثابت والمتحرك فى بداية الحركة إلى بين البوق والطرف المتحرك وترفع من مقاومة الدائرة للتيار الشرارى فتنهار الشرارة بسرعة، حيث يتم اطفاء الشرارة بناءا على النقاط التالية:

١ ـ اندفاع الغاز SF6 فى اتجاهين (المحورى والعرضى) إلى الشرارة فى غرفة الشرارة فالاتجاة المحورى يساعد على شدة المزج بين الشرارة (عالية الحرارة) والغاز (البارد تماما) فيقوم على تبريد الشرارة.

٢ ـ ارتفاع ضغط الغاز نتيجة انتقال الطاقة الحرارية إلى الغاز.

٣ ـ التحكم فى توزيع الجهد فى المنطقة الاطفائية باستخدام وحدات مكثف متعدده الاطراف يتم توزيعها على المسار فى المنطقة كلها.

٤ ـ التشغيل هيدروليكى آلى.

٥ـ الاستعانة باجهزة وقاية لحماية المعدات والافراد.

٦ ـ الاعتماد على اسلوب Interlock للتخلص من الاخطاء التشغيلية.

٧ ـ ادخال دوره الغاز الديناميكية فى دورة مغلقة الارتفاع سعره.

٨ ـ انتاج مجال مغناطيسى يقوم بادارة النقطة الشرارية Spot على سطح الملمسات فى حركة دائرية على سطح المعدن بدلا من التركيز على نقطة واحدة.

اما عن غرفة الشرارة فنراها منقسمة الى جزء علوى وآخر سفلى حيث يتحرك الطرف المتحرك إلى اسفل وحتى نهاية المشوار الحركى وعندما تتواجد الشرارة فى بدايتها تنتقل إلى القطب الحلقى فى منتصف المسافة فتنتقل الشرارة وتصبح بين الملمس المتحرك والقطب المساعد فيمر التيار من خلال ملف يتسبب فى مجال كهرومغناطيسى فيقوم على ادارة النقطة الشرارية على سطح الملمس وتعمل هذه الشراره على تسخين الغاز SF6 البارد فيؤدى إلى ارتفاع حرارته وبالتالى يزيد ضغط الغاز كما سبق الشرح. وقد ساعد التطور العلمى فى تقدم انماط هذه القواطع حيث بدأ من الجيل الاول والذى كان يعتمد على أطفاء الشرارة باسلوب الفرق بين ضغطين بصفة دائمة ولذلك كانت تعرف هذه القواطع بأنها ثنائية الضغط وتحول إلى الجيل الثانى حيث اصبحت الغرفة الشرارية احادية الضغط اما الفرق المطلوب فى الضغط لاطفاء الشراره فيأتى مع بداية الحركة ويساعد فى القضاء عليها، إلى ان ظهر اخيرا الجيل الثالث وهو ما يعرف باسم القواطع ذاتية الاطفاء الشرارى ويعتمد فيه على استخدام المكبس كبير المساحة للمساعدة فى اطفاء الشرارة وقد تم تركيب اول قاطع ذاتى عام ١٩٧٧ بمبنى مدرسى داخل روضة اطفال فى سويسرا مما يعطى الثقة فى درجة امان تشغيله.

جدير بالذكر ان عملية تبريد الشرارة الكهربية فى القاطع الغازى SF6 تظهر فى الشكل رقم ١٠ ـ ٢٢ (ص٢١٣) حيث نرى التوزيع الحرارى بالاسهم الحمراء فى منطقة الثغرة Gap بين اطراف الملمسات فى غرفة اطفاء الشرارة علما بان القضاء على الشرارة يتطلب الشروط الآتية:

١ ـ قطع التيار عند المرور الصفرى بقدر الامكان.

٢ ـ انخفاض التوصيلية عقب ظهور الشرارة الكهربيه بما لايسمح بأى حال من الاحوال لأعادة الحرارة واعادة تسخين الشرارة فى المنطقة الشرارية الثغرية.

٣ ـ مواجهة جهد الاستعادة نتيجة الفصل السريع عند التيار الصفرى كفصل جبرى حتى لايتمكن جهد اعادة الضرب الكهربى من الارتفاع فوق مستوى عزل الثغرة وبه الغاز الساخن المتبقى Residual بين الملمسات فتسمح بالتدفق الحرارى من المنطقة الحرارية إلى الخارج وتنتشر بذلك على المحيط كله ويتم التخلص من الشرارة كليا، كما يمكن اضافة ادخال نفخه صغيرة ليرفع الضغط الشرارى كأسلوب مساعد للتأكد من اطفاء الشرارة.

هذه الصفات تجعل القاطع الغازى من اكثر القواطع ملاءمة واصبح الاقبال عليها لقدرتها الهائله على مواجهة الشرارة الكهربية خصوصا فى الدوائر الكهربية التى تحتاج إلى الفصل الشرارى المتكرر والمتتالى والذى يصل إلى ٦ مرات فى الثانية دون التأثر او التغير فى الصفات والخواص الطبيعية والكيميائية للغاز، وهذا يضع القواطع الغازية فى المقدمة لنجاحة فى الحالات النادرة هذه والتى لايواكبها بقية الانواع فى التطبيق الفعلى، وهذه هى ايضا الاسباب التى شجعت

المهتمين بتصميم القواطع إلى الاتجاه قدما إلى تطويرها بل محاوله الاتجاه إلى القواطع التخلخلية.

جدول رقم ١٠ ـ ١١: الجهود الزائدة الداخلية فى دوائر المحركات عند اجراء الفصل

قدرة المحرك (ك.و.)	الجهد (ك.ف.)	الوصلة بين محرك/قاطع (م)	سرعة المحرك	التحميل	التيار آمبير	عدد ممرات عمل	معامل الجهد الانتقالى	
							الاقصى	المتوسط
١٣٥	٦,١	كابل ٤٠ م	المقنن	لاحمل	٦,٤	١٥	٢	١,٧
١٣٥	٦,١	كابل ٤٠ م	بداية	--	١٠٧-١٤٤	١٠	١,٨	١,٥
٢٠٠	٦,٨	كابل ٢٠ م	المقنن	لاحمل	١٠,٧	٢١	٢,١	١,٦
٢٠٠	٦,٨	كابل ٢٠ م	فرامل	--	١٥٥	٢٠	١,٩	١,٦
٢٥٠	٦,٦	مباشر	المقنن	الكامل	٢٩	٦	١,١	١,١
٢٥٠	٦,٦	كابل ١١٠ م	المقنن	لاحمل	١٣	٥	١,٤	١,٢
٣١٠	٦,٠	كابل ٤٠ م	المقنن	لاحمل	١٦	١٥	١,٤	١,٢

أضافة إلى ميزة الامكانيه التكرارية المذكوره فى الفقرة السابقة فقد نجحت هذه القواطع بدرجة باهرة مع فصل دوائر المحركات الكهربية تحت الجهد ٦ ك.ف. حيث تمثل هذه المحركات الحثبة الاختبار الحقيقى لامكانيات القاطع وقد جاءت فى(الجدول رقم ١٠ ـ ١١) بعض النتائج الاختباريه والتى توضح بجلاء ان القاطع الغازى واحدا من افضل الانواع الواجب الاستعانة بها، كما نزيد إلى ذلك ميزة الخواص الطبيعية لغاز سادس فلوريد الكبريت من حيث امرار الموجات الصوتية فيه والتى لها سرعة ١٣٧ م/ث بينما هذه السرعة فى الهواء عباره عن ٣٣٠ م/ث.

كما ان النتائج المنشورة ايضا للمقارنة بين القاطع الزيتى والغازى والتى اجريت على المحركات الحثية قد اوضحت تفوقا للقاطع الغازى حيث ان القاطع الزيتى معرض لارتفاع الجهد إلى أكثر من ٣ أمثال نظيره الجهدى فى القواطع الغازية وكانت النتائج المدرجة فى (الجدول رقم ١٠ ـ ١٢) محدده لمحركات ذات قدرة ١٣٥ كيلو وات.

جدول رقم ١٠ ـ ١٢ : معامل الجهد الزائد للقاطع الكهربى بنوعية الزيتى والغازى عند فصل محرك حثى للمقارنه

نوع القاطع	عدد مرات الفصل	معامل الجهد الاقصى
زيتى	٨	٦,٢
غازى	٢٥	٢,٠

دخل هذا النوع من القواطع فى الميدان التنفيذى على نطاق واسع فى جميع دول العالم وللجهد ٦٦ ـ ٢٤٠ ك.ف. بقدرات تتراوح بين ١٠ ـ ٣٠ م.ف.أ. وتعمل بسرعة ٢ ـ ٣ دورة فى الفصل، وفى مصر زاد الاقبال على انشاء محطات المحولات الغازية ويمكن ان نرى حصرا لها مقارنة مع المحطات التقليدية فى (الجدول رقم ١٠ -١٣) .

جدول رقم ١٠ - ١٣: عدد محطات المحولات التقليدية والغازية ٢٢٠ ك.ف. بمصر

المنطقة	القاهرة	الاسكندرية	الدلتا	القناه	وجه قبلى
محطةغازية	٨	٧	٦	١	١
محطة تقليدية	٦	٥	١٠	٨	٤

بملاحظة اننا نبنى المحطات التقليدية منذ عهد بعيد وقد قرب العدد من الآخر مشيرا إلى ان الاقبال على النوع الغازى شديد نتيجة جودة التشغيل والخبرة التشغيلية والتعرف على كل الخبايا الفنية فى هذا الصدد، علاوة على ماسبق نجد انه من الطبيعى الا يتواجد غاز سادس فلوريد الكبريت فى صورة نقيه تماما بل لابد وان يحتوى على نواتج تآكل اسطح الاطراف المتحركة والثابتة وكذلك القطب المساعد نتيجة عمليه النقر اثناء الضرب الشرارى اضافة إلى تأثير العملية العكسية لانتاج غاز SF6 مع التبريد الحرارى (كما سبق شرحة) وكله يؤدى إلى ظهور نواتج اخرى ثانوية سواء كانت غازية او صلبة، وكذلك فالقاطع الزيتى يحتاج إلى تقصير مشوار الحركة للملمس المتحرك مما يؤول إلى امكانية تصغير حجم الغرفة الشرارية وهكذا يكون فى حاجة إلى طاقة تشغيلية قليلة فيعود على خفض سعره واطاله عمر تشغيلة.

١٠ - ٤ : القواطع التخلخلية Vacuum Circuit Breakers

فى الآونة الاخيرة انتشرت بصورة كبيرة القواطع الكهربية سواء الغازية او تلك التخلخلية والتى تتمتع بالقدرة على إخماد الشرارة الكهربية فى الضغط المخلخل بسرعة تفوق غيرها كظاهرة طبيعية فقد نجح العلماء فى أمريكا عام ١٩٢٤ من ذلك من حيث المبدأ ثم عمليا فى الواقع الكهربى عام ١٩٤٠ الى أن اصبحت حقيقة ملموسة ومطروحة بالاسواق فى ١٩٦٠ ثم على الجهد العالى فى ١٩٦٧ حيث تم تركيب أول مفتاح تخلخلى فى انجلترا على الجهد ١٤٥ ك . ف وبقدرة عالية ٣٥٠٠ ميجا فولت أمبير ، وسادت فى الكثير من شبكات التوزيع والجهد المتوسط فى اغلب البلدان ويستخدم هذا النوع التخلخلى نظرا للاقبال عليه حديثا حيث ظهرت له من المزايا العديد ومنها ما يلى:

١ - صغر حجم غرفة الشرارة.

٢ - بساطة ميكانيزم الحركة.

٣ - امكانية الفصل الشرارى السريع وتصل إلى نصف دورة حيث ان التأين قد يتوقف عمليا فى الوسط المتخلخل كوسط عازل جيد وافضل من كل الغازات ما عدا SF6 حتى الآن.

٤ - ارتفاع شدة العزل الكهربى للثغرات القصيرة ولذلك يمكن الاستعانة بنظام تعدد الثغرات على التوالى.

٥ - فهم كامل لطبيعة اطفاء الشرارة.

٦ ـ ارتفاع مستوى الاداء مع التقدم العلمى والتكنولوجى على المستوى العالمى.

٧ ـ امكانية الاختبار تبعا لنظم المحاكاه المتقدمة.

٨ ـ الاعتماد على الملمسات الحلزونيه ذات المجالات المغناطيسية المحورية يضيف إلى الخواص الشرارية لقطع التيار فى هذا النوع بشكل ملحوظ.

٩ ـ التخلص من احتكار القواطع الزيتيه على هذا المجال.

ويتأثر هذا النوع بما يلى من عوامل:

١ ـ عمق الانصهار حيث تؤثر فى تحديد سعة القطع.

٢ ـ كثافة الابخرة المتولدة من اسطح المعادن الساخنة.

٣ ـ كثافة التيار والحامل للشحنات الاستاتيكية.

٤ ـ عدد الجزيئات المتواجدة.

٥ ـ درجة حرارة السطح المعدنى كاطراف.

٦ ـ حالة سطح الاقطاب اذا ما كانت ملساء او بدرجة ما من الخشونة.

اما عن عيوبه فهى:

١ ـ ارتفاع الجهود الانتقاليه لانقطاع التيار الشرارى بسرعة.

٢ ـ التلاحم الجيد بين الاطراف بتأثير الفاكيوم (التخلخل) سواء فى حالة الفصل او التوصيل.

٣ ـ التآكل لسطح اطراف التوصيل الفاكيوم للانبعاث الغازى.

٤ ـ اعتماد جهد الاسترجاع على عملية البخر من الاقطاب لذلك نحتاج إلى نعومة اسطح الاطراف بصفة دائمة مما يزيد من تكلفة اعمال الصيانة.

٥ ـ امكانية تجدد التيار اذا تعرض لقيمة اكبر من المقننة نتيجة.

* الانهيار الحرارى للثغرة لارتفاع جهد الاستعادة سواء عن طريق البلازما او البخار المتوالد.

* الانهيار للعزل الكهربى نتيجة العوامل المخفضة لمستوى العزل.

كذلك من الخواص التى تلازم القواطع التخلخلية ظهور الضغط البسيط بين الاقطاب المعدنية الساخنة حيث تتولد الابخرة الغازية بضغط عالى تغير من الطابع التخلخلى ويظهر الضغط فى حدود ٠,١ ميلى تور Milli Torr فيساعد على التكوين الشرارى وهنا يظهر مستويين لهذه النوعية من القواطع هما :

١ ـ مستوى التيار اقل من ١٠ ك.أ.

٢ ـ مستوى التيار اعلى من ١٠ ك.أ.

علاوة على ذلك فإن عملية بتر التيار الشرارى تمثل خطرا شديدا لأننا فى حالة القواطع التخلخلية

جدول رقم ١٠ - ١٤ : المعامل المتوسط للتيار المبتور نسبة إلى نوعية الاقطاب

المعدن	المعامل
تنجستين	٩,٢
فضة	٦
قصدير	٢
نحاس	٤
الومنيوم	٢,٨

لانخضع لظاهرة التأين المطلقة بل نعتمد على الظاهرة الاقطابية Electrode Phenomeneon أى ان العامل المؤثر يصبح هو نوعية القطب سواء المتحرك او الثابت ويظهر معامل البتر فى كل نوعية من الاقطاب فى (الجدول رقم ١٠ - ١٤) .

يظهر مما سبق ان مستوى البتر يعتمد على :

١ - ضغط البخار من الكاثود وهو يتناسب عكسيا مع مستوى البتر.

٢ - التوصيلية الحرارية وهى تتناسب طرديا مع مستوى البتر.

وهذا يؤثر بدورة على تآكل السطح نتيجة انبعاث الغازات من الاقطاب اثناء الشراره حيث تنطلق الغازات من اسطح الاقطاب المعدنية تبعا لما يلى :

١ - انبعاث الغازات من المعدن المتبخر من الانود او الكاثود اثناء اللحظة الشرارية.

٢ - تنطلق الغازات الممتصة لتصبح حره عند التعرض للشرارة المباشرة.

٣ - اندفاع الغازات الممتصة من الاجزاء المجاورة للشرارة نتيجة التأثير الحرارى المرتفع فيساعد على انطلاقها إلى الخارج فى الوسط المتخلخل.

ولكنه من الواجب خفض قيمة التوصيلية عقب الشرارة كى لاتسمح باعادة التسخين الحرارى اضافة إلى منع اعادة الجهد الضارب إلى كسر المنطقة العازلة مره اخرى ويمكن الرجوع إلى الشكل رقم ١٠ -٢٢ المبين لهذه الظاهرة ككل . والتى تتكون من ثلاث مراحل:

الاولى حيث نقل الحرارة من منطقة الشرارة إلى جسم صلب ملاصق بالاسلوب المغناطيسى حيث تدفع الشرارة داخل مجال تبريد اقوى اما فى الثانية فتمزج الشرارة فيسهل عملية الاخماد الشرارى واخيرا فى الثالثة يكون القضاء على عملية التأين وتقطع الشراره تماما.

لذلك يفضل الا تصنع الاطراف من معدن محدد بل يجب ان تكون من السبائك المعدنية التى لها توصيلية عالية ومقاومة كهربية ضئيلة وطبقا للتجارب فإن افضل هذه السبائك هى:

١ - السبائك النحاسية مثل (Copper Tin - Copper Thrium - Copper Bismuth).

٢ - السبائك المخلوطه مع النحاس . (Dicopper Magnesium Dicesium Copper)

الفصل الحادى عشر
الصيانة والاختبار



الصيانة والاختبار Maintenance & Testing

اذا ماحدث أى خطأ اثناء تشغيل الشبكات الكهربية فى أى من الاجزاء يجب ان يفصل ويعزل الجزء المعيب بسرعة ليحقق معدل عول عالى بهدف حماية الاشخاص من جهة ووقاية الجزء المعيب وتقليص التأثير الانهيارى عليه ويتم ذلك باستخدام القواطع الكهربية، اما اذا فشل القاطع المختص فى القيام بواجبه الفصلى لعزل العيب عن الشبكة العاملة فيكون الدمار الاوسع نطاقا وهو الامر الذى قد يصل إلى حد الخطورة اضافة إلى نقل عبء الفصل على عاتق قاطع آخر او اكثر بدلا من ذلك الذى فشل وبهذا يتسع نطاق الفصل ويقلل من درجة العول للتشغيل.

هكذا نجد انه يجب تجهيز اى قاطع ليكون على اهبة الاستعداد للفصل بكامل الكفاءة وعلينا نحن التأكد من ذلك بصفة مستمرة من خلال اعمال الصيانة والاختبار حتى لانفاجأ لحظة الاحتياج له بعدم قدرتة على اداء وظيفته على اكمل وجه او انه غير صالح للعمل، ولهذا يلزم الحفاظ على القواطع بحالة جيدة طوال عمرها الافتراضى والذى يتراوح بين ٣٥ و ٤٠ سنة ويكون باجراء برامج الصيانة الدورية والاختبارات اللازمة واحيانا الصيانة الجسمية تبعا للتعليمات المحددة لكل قاطع حسب نوعة ومرات فصلة التلقائى وحالة اطرافة المعدنية حيث انه يعتمد على جهاز حركى Mechanism داخلى به ادوات حركة ويايات وصمامات (بلوف) وكلها تحتاج إلى الصيانة المستمرة حتى تكون سهلة الحركة دون معوقات وهى التى قد تنتج عن بعض العوامل مثل:

١ - الاحتكاك من خلال المنظومة الهيدروليكية Peneumatic Mechanism فى الاجزاء المتحركة مما قد يعطلها عن العمل.

٢ - التآكل فى الاجزاء المتحركة غير المشحومة نتيجة الاحتكاك.

٣ - التسريب حسب الاحوال فمثلا فى القواطع الزيتيه يكون التسريب فى الزيت رشحا من المناطق ضعيفة الربط السليم وفى القواطع التخلخلية يكون الفقد فى الطاقة التخلخلية ناتجا عن التسرب الفراغى إلى الداخل اما فى القواطع الغازية فالتسريب يكون فى كميات الغاز الداخلية تسريبا إلى الخارج.

٤ - العيوب فى جهاز التحكم فى الحركة.

٥ - حالة اسطح الملمسات (الحالات الخشنة) مما قد تمنع عملية الفصل من الانتهاء.

٦ - التآكل الزمنى Detorioration ليزيد من التركيز الحرارى على الاسطح رافعا الكمية الحرارية إلى الحدود الخطرة.

تتحدد الدورة الصيانية تبعا للتطبيق والتنفيذ لكل نوعية من القواطع وعلى كل جهد ايضا حيث ان الدورة سنوية وتعتمد علي عدد من العوامل إلى ان تظهر مؤشرات لضرورة تقصيرها لان كثرتها ترفع من التكلفة الاقتصادية للقاطع تضاف إلى سعره ولذلك يعتمد التخطيط الصيانى

على العوامل :

١ - مرات الفصل على قصر.

٢ - نوع القاطع.

٣ - نوعية الطلاء المعدنى لاسطح الملمسات.

٤ - نتائج الاختبارات السابقة وتطورها احصائيا.

٥ - اسلوب التشخيص الوقائى لاجراء الصيانة.

يعتبر القاطع الكهربى من اهم الاجزاء الحيوية فى الشبكة والتى لايمكننا الاستغناء عنها للاسباب التالية:

١ - ضرورة فصل الجزء المعيب عن بقية اجزاء الشبكة.

٢ - تحديد مكان العطل بسرعة (خط - كابل - محول...).

٣ - تقليل الاصابة إلى اقل درجة فى الجزء المعيب.

٤ - حماية الاجهزة العاملة على الشبكة لدى المستهلكين.

٥ - وقاية المعدات الكهربية المغذية والمساعدة فى حماية مكونات الشبكة من الاخطار.

٦ - امكانية الحصول على اكثر من طريق للتغذية المطلوبة.

٧ - تعديل الاوضاع فنيا فى توزيع ونقل الطاقة دون المساس باستمرارية التغذية لجميع انحاء الشبكة.

٨ - رفع قيمة عول الشبكة تشغيليا وتوزيع الطاقة على المشتركين خصوصا وان متوسط الفترة الزمنية لاعطال القواطع على الجهد العالى حوالى ٢٠٠ سنة بينما يصبح ٢٠ سنة للقواطع على الاجهزة الالكترونية.

نظرا لأن الجهود الانتقالية Transient Voltages التى تظهر فى الشبكة الكهربية عموما تعتمد على ابسط الظواهر العلمية المؤكدة وهى أنة لايمكن ان يتم فصل الثلاث اوجه فى القاطع الثلاثى مرة واحدة فى لحظة بدء واحده كما أنة بفرض ان هذه الاوجة بدأت فى وقت واحد (وهذا غير صحيح) فإنة لايمكن ان تنتهى العملية الفصلية فى جميع الاوجة فى وقت واحد أى أن نهاية الفصل أو التوصيل لا يمكن أن ينتهى فى ذات اللحظة لجميع الاوجه، وبنـــاءا على هــذا ترتفع قيمة الجهود الانتقاليه ومن هنا اتجهت النظم الحديثة إلى التحكم فى الفرق الزمنى بين اول بدء (توصيل / فصل) وحتى آخر نهاية (توصيل /فصل) للاوجه الثلاث وهو ما يعرف باسم عمليات الفصل والتوصيل الموجه ولهذا الاسلوب المميزات الآتية:

١ - تقليل الاجهاد الكهربى على اجزاء الشبكة.

٢ - امكانية الانخفاض بمستوى العزل عموما.

٣ - خفض الاجهاد الكهربى على اجزاء القاطع ذاته.

٤ ـ الارتقاء بمستوى القطع فى القاطع.

٥ ـ تحسين مستوى اداء الشبكة.

وهكذا يلعب القاطع دورا استيراتيجيا فى سلامة التشغيل وحسن الاداء اضافة إلى دورة الاساسى السابق الحديث عنه وعدم تشغيل القاطع لفتره طويلة يعيبه :

١ ـ ضعف الخواص الديناميكيه لاجهزة الحركة.

٢ ـ ارتفاع معدل الاكسده للاسطح المعدنية.

٣ ـ زيادة معدل التآكل الزمنى خاصة مع اليايات والحلقات.

٤ ـ انخفاض جودة الشحوم والزيوت المستخدمة للتزييت فى الاجزاء المتحركة محوريا ودورانيا.

٥ ـ صعوبة تحريك الصمامات والبلوف والمحابس الخاصة بالدوائر الميكانيكية المصاحبة للقاطع.

يزيد التلوث البيئى من هذه العيوب اضافة إلى الرطوبة او درجة التجمد حسب الاحوال المناخية الا انه يمكن التغلب على هذه العيوب باجراء الصيانة الدورية بصفة دائمة، كما انه يخضع القاطع للاختبارات بعد التصنيع فى المصنع والتفتيش الصناعى ايضا علاوة علي الاختبار فى الموقع بعد التركيب ثم دوريا بعد او اثناء كل صيانة دورية وهو ما يكلفنا اخراج القاطع من الاداء الشبكى لاجراء بعض الاختبارات الهامة التالية:

اولا : الاختبارات الكهربية Electrical Testings

تشمل الاختبارات الكهربية عدداً من نوعيات الاختبار حفاظا على سلامة كل الاجزاء الداخلية وتوضع بشكل موجز كما يلى :

١ ـ اختبارات العزل Insulation Testing

تشمل العازلات عموما وعلى وجه الخصوص العازلات التالية:

* العازلات الحاملة Supporting Insulators
*عازلات الملمسات Contact Insulators
*عازلات الغرفة الشرارية Insulators Of Arcing Chamber
*عازلات المقاومات Resistance Insulation

٢ـ اختبارات القصر Short Circuit Tests

وتتم هذه الاختبارات فى حالتين للقواطع على الضغط العالى هما:

ـ حالة فتح الدائرة.

ـ حالة فتح الدائرة واعادة توصيلها مره اخرى Reclosing

٣ ـ اختبار التيارات السعوية Capacitive Currents Tests ويلزم ان تختبر مع سرعة الفصل وتأثيرها على هذه السرعة.

٤ ـ اختبار الحثية الخفيفة Capacitive Currents Test وهى ايضا تحتاج إلى الاختبار مع سرعة الفصل والتوصيل.

٥ ـ اختبارات التداخل الكهرومغناطيسى Electromagnetic Interference وفيها تختبر عمليات السلونويد Solenoid And Latches Operation وهو ما ينتج من العلاقة بين جهد التشغيل وشكل التيار فى الملف.

٦ ـ اختبار زمن الفصل الكهربى Tripping Time من خلال ملف الفصل.

٧ ـ مقاومة الملمسات الرئيسية Resistance Of The Main Contacts

ثانيا : الاختبارات الميكانيكية Mechanical Tests

تجرى هذه الاختبارات للتأكد على سلامة القاطع وجودة اداء الجزء الميكانيكى فيه سواء من حالات الوصلات الميكانيكية او حالات التشحيم للاجزاء عالية الاحتكاك وتتم هذه النوعية فى النقاط التالية:

١ ـ اختبار الضغط الادنى Minimum Pressure Test

٢ ـ اختبار سرعة الفصل Openning Speed

ويتمثل فى قياس زمن الفصل Openning Time

٣ ـ اختبار سرعة التوصيل Closing Speed

وهو يتضمن قياس زمن التوصيل Closing Time

٤ ـ اختبار الحدود الزمنية الآمنة Iimits Of Safety Time للفصل والتوصيل فى القواطع الثلاثية حيث انه يعتمد بدرجة كبيرة على الحركة الميكانيكية للاجزاء المتحركة فى القاطع وتتمثل فى عدد من القياسات هى:

- تزامن حركة الملمسات Synchronization Of Contact Operation
- حركة الملمسات Contact Travel
- سرعة الملمسات Contact Speed

٥ ـ اختبار زمن التشغيل الحركى Mechanical Time

٦ ـ زمن اعادة شحن ياى التوصيل او مجمع الهيدروجين او ضاغط الهواء للتأكد من عدم تواجد اى تسريب فى اى نوع منهم حسب الاحوال.

٧ ـ اختبار الاهتزاز الميكانيكى Mechanical Vibration

يعتمد على اسلوب الاستشعار الصوتى للموجات وبالتالى للاهتزازات ان كانت على قصر ام لا

وهو من نوعية الاختبارات المبتكرة حديثا للمساعدة فى سرعة تشخيص حالات الصيانة كما انه يساعد ايضا على قياس مقاومة الاقطاب.

ثالثا : اعمال التفتيش والمراجعة Diagnostic Tests

تجرى هذه الاعمال الاختبارية الظاهرية دوريا على القاطع فى محورين:

١ ـ محور التسجيل للدراسة والتحليل وتحديد التاريخ الوظيفى للقاطع وتتفرع هذه النقطة إلى عدد من العمليات:

(أ) التشغيل الاساسى

- حالة القاطع (فصل / توصيل).
- حالة العزل.
- مرات التشغيل.
- مرات الفصل التلقائى.

(ب) الثغرة

- لضغط.
- الكثافة.

(ج) الاجزاء الميكانيكية

- الضغط.
- الطاقة المختزنه.
- طول المشوار والسرعة.
- عدد مرات تشغيل المحرك.
- زمن شحن واعادة شحن المحركات.
- الزمن الكلى للتشغيل.

(د) دوائر التحكم

- التغذية.
- حالة الملفات
- مفتاح احكام القفل.
- مفتاح احكام الفصل.
- الاشارات ووسائل الانذار.

٢ ـ محور المراجعة البسيطة.

وهى المراجعة التى لاتحتاج إلى تدوين المعلومات مثل:

- قياس مقاومة الدائرة الرئيسية فى عملية الفصل.
- درجة الحرارة والرطوبة.
- جودة الغاز أو الهواء او الزيت والتسريب ومستواهم حسب الاحوال.
- علامات الاخماد كظاهرة.
- الشكل الظاهرى من صدأ ودهانات او تلوث.

١١ - ١ : الاجهزة Instruments

حتى تقوم القواطع بكافة انواعها بعملها على اكمل وجة يلزم اتباع خطط صيانه متكامله لهم حفاظا عليهم من التلف وحمايتهم ضد الاخطار التى قد تنتج عن التشغيل ولذلك تكون عادة فى حاجة إلى بعض الاجهزة الهامة التى توفر وتسهل عملية الحصول على النتائج اللازمة وهى ما نضعها فى التصنيف التالى:

اولا : اجهزة التغذية Supply Instruments

المقصود بهذا النوع تلك الاجهزة التى تقوم بتغذية دوائر الاختبار بالجهد والطاقة اللازمان للاختبار او توليد التيار المطلوب ومن هذه الاجهزة ما هو عام وغيره المخصص لاختبارات القواطع ونتناول الآن ما يلى:

١ - وحدة تغذية Power Supply unit

انها وحدة صغيرة مستقلة تقدم الجهد (المستمر) متدرج القيمة والمبين فى الشكل رقم ١١ - ١ (ص٢٦٣) حيث تغذى هذه الوحدة ملف الفصل Tripping Coil الخاص بالقاطع بالجهد اللازم لتشغيلة وله المواصفات الاساسية الواردة فى الجدول رقم ١١ - ١ التى قد تتباين من شركة إلى اخرى والمتخصصين فى تصنيع مثل هذه الاجهزة.

جدول رقم ١١ - ١ : المواصفات الفنية العامة لوحدة التغذية

جهد الاخراج (فولت)	التيار المستمر (امبير)	اقصى اعتماديه حمل
٢٤	١٠	٦
٤٨	١٠	٣
١١٠	٦,٥	٢
٢٥٠	٣	٢

ويكون عادة اقصى تحميل فتره ثانيه واحده بينما تواجد الذبذبات العاليه Ripples فى حدود ٢ ٪ من القيمة القصوى التالية بالنسبة لجهد الضبط Preset كما يجوز التغذية من التيار المتردد فى نفس الحدود بحيث لايتعدى التيار قيمة ٥ امبير كقيمة قصوى Peak Value وفترة التحميل العظمى لاتزيد عن ٣٠ دقيقة.

٢ ـ جهاز تحليل القواطع Circuit Breaker Analizer

توجد من الاجهزة التحليلية لدقائق القاطع الكثير وهى جهاز واحد يمكنه اداء عمل اكثر من جهاز لاجراء الاختبارات الاساسية الخاصة بالقواطع الكهربية عموما وتعطى نتائج مع تحليلها ويعرض الشكل رقم ١١ ـ ٢ (ص٢٦٣) صورة لاحد هذه الاجهزة والتى تستخدم بنجاح فى هذا الميدان وله المواصفات الاساسية الواردة فى (الجدول رقم ١١ ـ ٢) خصوصا واننا نحتاج إلى تحديد زمني الفصل والتوصيل وهما مالايمكننا وضعهم فى ثبات دائم لكل حالات التشغيل وهو الامر الذى يمثل الصعوبة الكبرى نحو التحكم التام فى اداء هذه القواطع.

من مميزات هذا الجهاز احتوائه على ٢٤ قناة زمنية مستقلة تستخدم حسب الاحتياج كما أنه يستطيع قياس زمن الدورة الموجية Time Cycle بدقة عالية مثل الاسولوسكوب ويقيس فى كل قناه زمن الفصل او التوصيل للاطراف والملمسات او حتى لجهد التوصيل Voltage Contacts وهى التى تحدد اذا ما كان التوصيل جيد ام لا. يعطينا الفرصة ايضا لاختبار نبضات التحكم وترتيبها بسهولة مع تحديد زمن التخلف Time Lag لأى منها عن الاخرى ويعمل ببرامج حاسوبية للتحكم فى قيمة التيار المار إلى ملف الفصل بحد اقصى ٢٥أ. ويضاف إليه الطابعة كما ورد فى المواصفات العامة ذات دقة عاليه سواء بالرسم او بالترقيم العددى وتبين العلاقة بين التيار والزمن علي الاوجة الثلاث تحديدا لبداية الزمن وانتهائة بين كل الاوجة سعيا وراء الحدود القصوى لهذا الفرق الزمنى والذى يمثل الخطر الاكبر على الجهود الانتقاليه لارتفاعها الهائل كلما زاد هذا الفارق.

نسعى دائما فى مجال تصميم القواطع إلى تقليل الفارق الزمنى بين اول وآخر فصل او توصيل (الشكل رقم ١٠ ـ ١٨) حيث نجد الارتفاع السريع فى قيمة الجهود الزائدة الداخلية Overvoltages Internal نتيجة اعمال التوصيل والفصل مما يدعونا إلى العمل على تقليله واول السبل هو تقصير المسافة الزمنية بين بدء وانتهاء عملية الفصل او التوصيل حسب الاحوال وهو ما يمكن ان يتم من خلال سرعة الحركة الخاصة بالملمسات ايضا وهو ما يقدمه لنا هـــذا الجهاز دون عناء اضافة إلى قياس الجهد والضغط والتيار فى ملف الفصل، ولكننا نرى ان اسلوب التزامن فى الفصل او التوصيل للاوجه الثلاث فى قاطع ما يشكل تفوقا فى الآداء ولهذا تهتم الاجهزة الحديثة بالتحكم فى هذا التزامن Synchronization على محورين هما:

(أ) محور الفصل Cut Off

نتحكم هنا فى عملية الفصل كى تنتهى خلال دورة Cycle موجيه واحده على الاكثر حتى نستطيع اخماد الموجات الانتقالية المرتفعة والسريعة للجهود الداخلية Internal Overvoltages الزائدة فى القواطع واجزائها بالاضافة إلى المكونات الهامة فى الشبكة، وهذه السرعة فى اداء الفصل

ضروريه فى حالات خاصة مثل المعامل الاختبارية لمعدات وادوات الكهرباء علاوة على العديد من النظم الكهربية الخاصة جدا مثل شبكة تشغيل السكك الحديدية فى اوروبا والتى تعمل بالذبذبات المنخفضة اقل من ٥٠ هيرتز (٢/٣ ١٦ هيرتز) ومع ذلك فهذه القواطع تتميز بما يلى:

١ - تحسين اتزان الشبكة بتحسين اداء المولدات فيها.

٢ - رفع قدرة خطوط نقل الطاقة.

جدول رقم ١١ - ٢ : مواصفات اجهزة تحليل القواطع الكهربية

البيان	الاداء	الحدود الفنية
القنوات	عدد ٦ او ١٦ او ٢٤ القياس العزل مقاومة التوصيل مقاومة الاطراف جهد البحث وقاية من الانتقاليات اقصى سعة إلى الارض	٦/٢٤ موديول مقاومة الاطراف – جهد نقطة ٢,٥ ك.ف. ٢٥٠ اوم/ ٣ك. اوم، ٥٠ف.، ٣٠م . أ - ٢٥٠ اوم، ٢٥ف. ١٥م.أ ١٢ - ٢٥٠ف. لحمل ڤ ٣ وات موحد ١٨ ك.و.،٨/٢٠ ميكروثانية طورى ٨و٤ ك.و.،٨/٢٠ مع الارض ١٥م.أ.
الزمن	صفر - ٥و٦ ثانية اسلوب العد الزمنى	دقيقة (+٠١و٠٪ +١و٠ ملى ث) آليا /بترقيم خارجى
الترقيم	الداخلى الخارجى	مدخل مستقل - مع بداية الجهد او مع قفل الاطراف قدرة الفصل حتى ١ امبير
الطباعة	الورق الطباعة رسم كتابة	عرض الورق (١٠٠ - ١٢٠ مم) ٦ نقطه لكل مم رقميه بعده لغات مختلفة
التشغيل	الاطراف قدرة فصل (مستمر / متردد) اسلوب التشغيل زمن بداية الفصل زمن الاحساس بالنبضة	طرفين حريين يقفل پـ ١و٠ م.ث ٥و٢ /٠ ، ٢٥٠ ف. آلى /عن بعد پـ ١و٠ م.ث. بخطوه ١٠ م.ث.
المنبع	٩٥ - ٢٦٥ ف. (متردد) ١٠٠ - ٣٧٥ ف (مستمر)	
البطاريات	زمن الشحن الكامل زمن تشغيل البطارية	١٠ ساعات اوتوماتيكى ساعة على الاقل (للمعتاد)
حواره الجو	التشغيل التخزين	من - ٢٠ إلى + ٥٠ درجة م من - ٣٠ إلى + ٧٠ درجة

٣ ـ خفض مستوى العزل نسبيا.

٤ ـ الارتقاء بمستوى قدرة القطع فى الغرفة الشرارية.

ألا انه مع التطور الحادث على جبهة الجهد العالى انعكست الصورة وتحرك المتخصصون فى الاتجاه المضاد وجعل زمن الفصل بطيئا وطويلا يصل إلى زمن موجتين كاملتين او اكثر دون الحاجة إلى اسلوب التزامن حيث ظهرت المزايا الآتيه.

١ ـ بساطة التصميم.

٢ ـ عدم الحاجة إلى اجهزة تحكم.

٣ ـ التخلص من الاجهزة والادوات المعقده.

٤ ـ تقليل مضمون اعمال الصيانة.

٥ ـ ارتفاع معدل العول التشغيلى.

٦ ـ تقليل التآكل فى ملمسات القاطع.

٧ـ تقصير الزمن الشرارى الفعلى فى القاطع.

(ب) محور التوصيل **Closing on**

سبق وان تعرضنا إلى تأثير التيارات السعويه والحثية فى الدوائر الكهربيه على الجهود الانتقاليه وهى ما تؤدى إلى عدم استقرار الشبكة تشغيليا اضافة إلى ارتفاع الجهد مما يجعلنا لتحديد نقطة معينة لانهاء عملية التوصيل بأمان فى حالتى:

١ ـ الاحمال السعوية **Capacitive Loads**

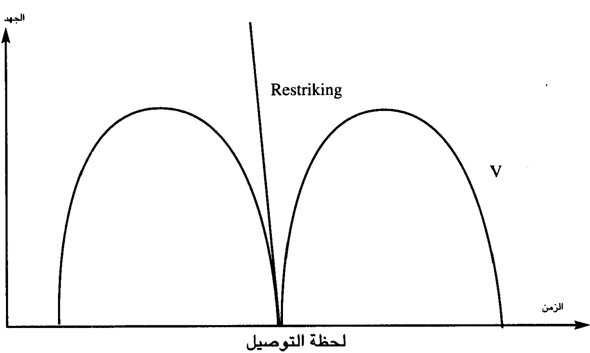
يفضل فى مثل هذه الحالات ان يتم التوصيل عند المرور الصفرى للجهد او بالقرب منه بقدر الامكان من اجل اقلال قيمة الجهد الاسترجاعى وبالتالى معدل ارتفاع الجهد الضارب RRRV وهو الامر الذى يظهر فيه تأثير عملية التأريض ولذلك فإنه يمكن تقليل تأثير الاحمال السعوية بالعوامل الاتية :

* اخلاء المكثفات من الشحنات الاستاتيكية عليها قبل التوصيل مباشرة.

* التوصيل عند الجهد الصفرى.

* رفع مستوى عزل الثغرة Gap عن مستوى RRRV كما هو مبين فى الشكل رقم ١١ ـ ٣ ولكن اذا ما تحققت عملية التوصيل عند الجهد الصفرى لاحد الاوجة فقد تتعذر بالنسبة للوجهين الاخرين او على الاقل احدهما وبذلك نجد انفسنا امام الدائرة سابقة الشرح حيث يتصل اطراف وجهين بينهما الثالث منفصل وهو ما ادى إلى ظهور الجهد الاسترجاعى على اطراف وجهين بينما الثالث منفصل وهو ما ادى إلى ظهور الجهد الاسترجاعي على اطراف القاطع ليصبح ١,٥ من الجهد الطورى المعتاد بالرغم من هذه الفترات صغيرة جدا والتى لاتتعدى عددا من

الميكروثانيه مشيرا بذلك إلى ضرورة الاعتماد على استخدام المقاومات التوازيية خصوصا مع الدوائر السعوية مثل الخطوط الطويلة كما يمكننا ادخال الغرف الشرارية المتعددة فى القواطع للتغلب على هذه الظاهرة.



الشكل رقم ١١ ـ ٣ : التوصيل عند الجهد الصفرى

٢ ـ الاحمال الحثية Inductive Loads

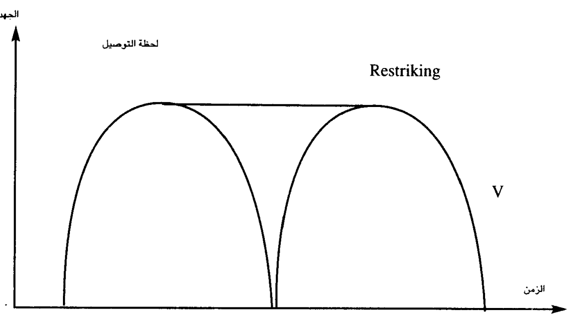
على نقيض الوضع عند الفصل يأتى موضوع التوصيل وعلى عكس حالة توصيل الاحمال السعوية نتعامل مع توصيل الاحمال الحثية احادية الطور مثل الممانعات فى نهاية الخطوط الكهربية والتى يجب ان تتم عند المرور بالقيمة القصوى للجهد وليس المرور الصفرى كما فى حالة الاحمال السعوية (الشكل رقم ١١ ـ ٤) ، اما الاحمال ثلاثية الطور مثل المحولات فتتحدد لحظة التوصيل تبعا لحالة التأريض وشكل القلب الحديدى حيث يلزم ان يكون معدل تغير الجهد اكبر عند قيمة الجهد الصفرى بكثير عن لحظة القيمة القصوى ولذلك تكون اللحظة الامثل وينعكس ذلك على الثغرة بين الملمسات فى الغرفة الشرارية.

يقدم الجدول رقم ١١ ـ ٣ الازمنة المحددة للقواطع التزامنية بين الاقطاب وهى التى تعتمد على ظروف التأريض وسرعة الملمسات وحالة السطح بها اضافة إلى نوعية الحمل بالرغم من ان زمن الفصل عادة ما يكون اقل من زمن التوصيل ولكننا هنا نوحد الزمن حتي لانزيد من درجة التعقيد فى اداء القواطع الخاضعة للعمل التزامنى كى نصل إلى ابسط صورة ممكنه.

ثانيا: اجهزة القياس Measuing Instruments

تلعب اجهزة القياس دورا فعالا سواء اثناء التوصيل ام الفصل حيث ان الوضع يختلف مع القواطع

زمنيا عن بقية اجزاء الشبكة الكهربيه خصوصا وان زمن اداء القواطع عادة لايتعدى مئات الميكرثانية ولايزيد الاعند الضروره وفى حالات خاصة ومحددة طبقا للدراسة المسبقة ولذلك يعتمد الاختبار على مدى دقة اجهزة القيـاس المستخدمـة خصوصـا مـع القواطـع حيـث الصغـر



الشكل رقم ١١ ـ ٤ : توصيل الاحمال الحثية احادية الطور عند الجهد الاقصى

المتناهى فى القيمة المقاسة ان كانت مقاومة موصل او ملمس او جهد على طرفى نقطة لحام او قبل وبعد تربيط الاطراف للتأكد من تناهى قيمة المقاومة، وفيما يلى نتعرض باختصار شديدلبعض من اجهزة القياس الهامة فى اختبار القواطع الكهربية.

١ ـ ميكرو اوم متر Microhmmeter

من أهم المشاكل الفنية فى مجال الموصلات تظهر المعوقات لمرور التيار المقنن بالاسلوب الهندسى الصحيح وتتمثل هذه المعوقات فى عددا من النقاط منها:

(أ) نقطة لحام ردىء.

(ب) نقطة ربط سىء.

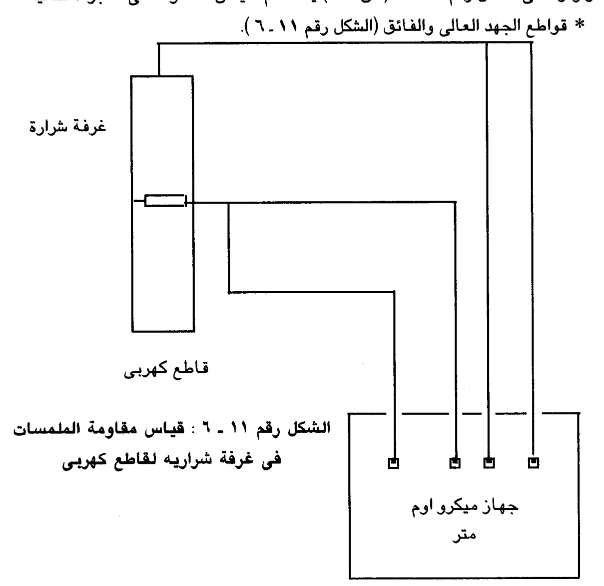
جدول رقم ١١ ـ ٣ : الازمنة التزامنية بين اقطاب القواطع

الحالة	مدة الفصل ميكروثانية	عدد غرف شرارية/ وجه
فصل	٣	احادى الغرفة / وجه
توصيل	٣	ثنائى الغرفة / وجه
فصل	٥	رباعى الغرفة / وجه
توصيل	٥	

(ج) سطح تلامس خشن.

لذلك تصبح عملية قياس مقاومة الموصلات دقيقة خصوصا عند هذه الوصلات وهى من أهم الاختبارات اللازمة كما انها تمثل اساسا لاختبار القواطع الكهربيه وهذه الاختبارات تتم بصفة روتينيه بدوره صيانيه لاتقل عادة عن السنة وتقصر هذه الدوره كلما كانت النتائج تشير إلى تغيير ملحوظ فى النتائج السابقة من أجل منع اى زيادة حرارية فى مناطق اللحام او الاتصال قبل حدوثها، وحيث ان الموصلات ذات مقاومة لاتذكر فلا يمكن قياسها إلا باستخدام الميكرو اوم متر ونراه فى الشكل رقم ١١ ـ ٥ (ص٢٦٣) يستخدم لقياس المقاومة فى الاجزاء التالية:

* قواطع الجهد العالى والفائق (الشكل رقم ١١ ـ ٦).



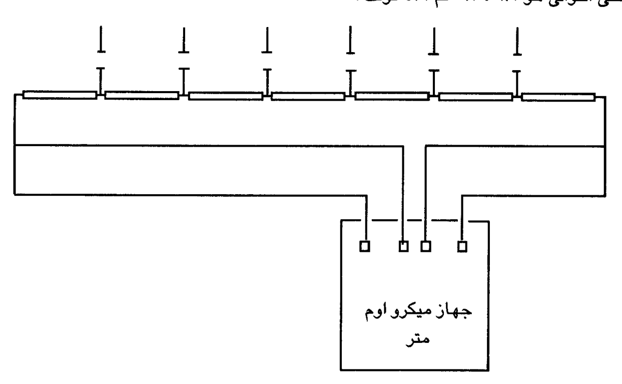
الشكل رقم ١١ ـ ٦ : قياس مقاومة الملمسات فى غرفة شراريه لقاطع كهربى

* السكاكين ذات المصهرات (جهد منخفض ومتوسط).
* السكاكين الفاصلة (جهد عالى).
* القضبان الرئيسية فى المحطات (الشكل رقم ١١ ـ ٧).
* الوصلات الكهربية فى الشبكات.
* نهايات الكابلات.

* وصلات اطراف التغذية والربط.

* الجهد على نقاط التوصيل للقضبان (الشكل رقم ١١ ـ ٨).

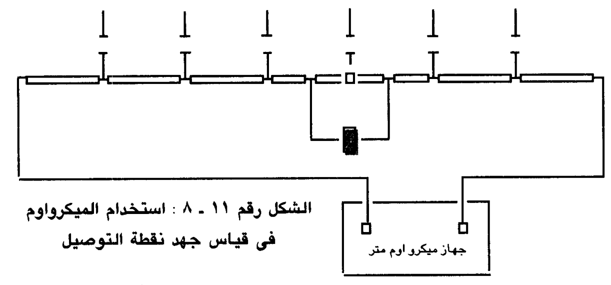
الميكرواوم متر له المواصفات المحددة فى (الجدول رقم ١١–٤) بالقيمة التقريبية كى يكون صالحا للانتفاع به فى الاختبارات اللازمة فى القواطع الكهربية على وجه الخصوص حيث ادرجت القيم هنا تقريبية لانواع ثلاث فالاول له مقنن ٦٠٠ امبير بينما الثانى له ٤٠٠ واخيرا الثالث له ٢٠٠ امبير فقط اى ان الامكانية التدريجية متاحة وهى بذلك تسهل الحصول على الاجهزة اللازمة للاختبارات خصوصا اذا ما تعطل احد هذه الاجهزة كما ان الجهد اللاحملى لهم على التوالى هو ٩.١ ، ٥.٣ ثم ٤.٩ فولت .



الشكل رقم ١١ ـ ٧ : استخدام الميكرواوم متر فى قياس مقاومة القضبان الرئيسية

٢ ـ جهاز اختبار التخلخل Vacuum Tester

يستخدم هذا الجهاز فى اختبار القواطع التخلخلية سواء كان اثناء التفتيش الصناعى عند الاستلام او من خلال الاعمال الصيانية الروتينية وهو من الاجهزة الهامة جدا لانه يؤكد صلاحية عمل القاطع من عدمه (اى ان القاطع التخلخلى صالح لقطع الشرارة او انه فقد خواصه التخلخلية) وهو ايضا يساعد بشكل كبير فى اداء الغرفة الشرارية بطريقة سريعة وملائمة للموقع حيث يتم الحصول على العلاقة بين الجهد الشرارى والضغط التخلخلى فى غرفة الشرارة لقطع تغذية القاطع بالجهد الاختبارى مباشرة فور الانتهاء من القطع و هى عملية مباشرة بالموقع وسهلة تعطى النتائج فورا كما نشاهد فى الشكل رقم ١١–٩ (ص٢٦٥) كما انه بهذه الاجهزة نستطيع تحديدأى الجهود هى الافضل للاستخدام عند التصميم والعرض للبيع وايضا عند الشراء للتأكد من



الشكل رقم ١١ ـ ٨ : استخدام الميكرواوم في قياس جهد نقطة التوصيل

جدول رقم ١١ ـ ٤ : المواصفات العامة الفنية للميكرو أوم متر

البيـــــان	انواع محتملة للقيمة المقننة					
	النوع الاول		النوع الثانى		النوع الثالث	
	قيمة	تيار (أ)	قيمة	تيار (أ)	قيمة	تيار (أ)
جهد الاخراج (ف)	٧.٤ ٥.٩	٣٠٠ ٦٠٠	٤.٣ ٣.٤	٢٠٠ ٤٠٠	٤ ٣	١٠٠ ٢٠٠
فترة تحميل	٢.٥ ق ١٥ ث	٣٠٠ ٦٠٠	٢.٥ ١٨	٢٠٠ ٤٠٠	١٥ ٣٠	١٠٠ ٢٠٠
اقصى مقاومة (ميلى أوم)	٢٠ ٤	٣٠٠ ٦٠٠	١٥ ٤	٢٠٠ ٤٠٠	٣٠ ٦	١٠٠ ٢٠٠

صلاحية هذا الجهد خصوصا وان هذا الجهاز مزود بمبين ذو الوان تمييز ثلاث حسب ما هو وارد فى (جدول رقم١١-٥) والمبين ايضا للجهود القياسية المتاحة لهذه النوعية من القواطع

١١-٢: التجهيزات Preparation

تشمل التجهيزات كل الاعمال السابقة من أجل اجراء الصيانة بأنواعها المتعددة ولذلك نجدها تتنوع على النحو التالى :

اولا: الاختبارات Testing

تعنى الاستعدادات اللازمة للاختبارات كل ما يحتوى أو ذات علاقة مع اجراء الاختبارات الصيانية وهى فى الحقيقة تجمل هندسيا فى المعنى العام والمعروف باسم معمل الاختبارات وما يجب أن يحتوية من أجهزة وغيرها وهى باختصار شديد تتحدد فى النقاط التالية:

١- تجهيز جميع الاجهزة اللازمة للاختبارات .

٢- معايرة أجهزة القياس جميعا قبل البدء فى العمل .

جدول رقم ١١ ـ ٥ : المواصفات العامة لجهاز اختبار التخلخل

البيـــــان	القيمة او الملاحظة
الجهد القياسى	١٠ – ١٤ – ٢٥ – ٤٠ – ٦٠ (ك.ف.)
انسب جهد تشغيل	بالاختيار
اقصى شوشرة	٣ ٪
اللون الاخضر	صلاحية القاطع
اللون الاحمر	عدم صلاحية القاطع
اللون الاصفر	لم ينتهى الاختبار ويجب الاعادة
نوع الوقاية	ضد زيادة الحمل

٣– اختبار أجهزة التشخيص والاختبار قبل اجراء الصيانة

٤– التأكد من سلامة تشغيل جميع الاجهزة.

٥– تصنيف الاجهزة تبعا للبرنامج الزمنى الخاص بأجراء الصيانة.

٦– تجهيز معمل الاختبار (أو سيارة متخصصة) تشمل كل المواصفات الهندسية المطلوبة والتجارب المصاحبة ككل وكذلك لكل تجربة على حدة.

٧– إعداد المعمل اعدادا سليما

٨– تدريب العاملين بالمعمل على اجراء التجارب قبل البدء بها.

٩– تخصيص لوحة توزيع بمنبع تيار خاصة بالمعمل.

١٠– اتخاذ كافة الاجراءات الامنية الواجبة كهربيا لحماية العاملين والاجهزة.

١١– ايجاد مصدر تيار مستمر لتغذية الدوائر الاختبارية

١٢– تحضير أسلاك وكابلات اختبارية بأطوال مختلفة.

١٣– توفير أطراف توصيل معملية بعدد كاف يغطى العدد المطلوب المحدد للعمل.

١٤– إختبار وسائل الامن الصناعى بالمعمل والتأكد من سلامتها تبعا للقواعد المنظمة لها.

١٥– إعداد جهاز أو سلوسكوب مع الراسم التلقائى لاجراء اختبار الزمن الاقصى لبدء الفصل فى القواطع الثلاثية.

١٦– توفير أجهزة قياس الحرارة والرطوبة النسبية والضغط والتخلخل.

ثانيا: المعدات Equipment

تحتاج أعمال صيانة القواطع الكهربية وخصوصا تلك التى تعمل تحت الجهد العالى والفائق الى العديد من المعدات الكهربية والميكانيكية وهى التى تتباين كما يلى:

١– أوناش مقطورة ذات ذراع (بومة) طويلة

٢–قواعد متعددة لغرف الشرارة والمقاومات التوازيية .

٣– ضاغط هوائى متنقل .

٤– جهاز اختبار الزيت المتنقل .

٥– وحدات استشعار صوتية .

٦– كاميرا أشعة تحت الحمراء .

٧– ألياف ضوئية .

٨– جهاز قياس التفريغ الجزئى .

٩– وحدات حساسة .

١٠– دينامومتر .

١١– سلالم غير معدنية مزدوجة مختلفة الاطوال .

١٢– وسائل تأريض متنقلة .

١٣– جهاز قياس شدة الضغط الميكانيكى للبايات .

١٤– زيت محولات إحتياطى (للقواطع الزيتية) .

١٥– سيارة ورشة .

ثالثا: العدد والادوات Tools

بالنسبة للعدد والادوات هنا فهى قليلة ولكنها من الاهمية البالغة فى تواجدها قبل إجراء الصيانة وتعد من الادوات الجوهرية فى هذا العمل ومنها :

١– كحول نقى ٩٦٪ .

٢– دمور ودبلان .

٣– زيوت تشحيم .

٤– مسطحات مطاطية لاستخدامها عند اللزوم .

٥– عدد ميكانيكى كاملة .

٦– عدد كهربائى متكاملة .

٧– قطع غيار اصلية بقدر الامكان (ملمسات – مسامير – أطراف – عازلات – مقاومات – يايات – جوانات – . . .) .

٨– بطارية ١٢ فولت .

٩– أحواض غسيل نقية .

رابعا: التشخيص الصيانى Maintmnance Diagnosis

يعتبر التشخيص المسبق والذى يطلق عليه الخبراء والمتخصصون اسم التشخيص الوقائى من أهم

المراحل العديدة التى تدخل فى منظومة أعمال الصيانة للقواطع الكهربية عموما ولتلك ذات الجهد العالى والفائق خصوصا مما يعنى أكثر من نصف المشوار العملى للتنفيذ حيث أنها تساعد على:

١- توفير الوقت اللازم للبحث عن الاعطال.

٢- تقليل وقت إجراء الصيانة.

٣- تخفيض عدد العاملين فى أعمال الصيانة.

٤- رفع كثافة الاعمال الاختبارية لتقليص فترات التوقف الاختبارى.

٥- التأكد من توافر قطع الغيار اللازمة قبل البدء فى العمل.

٦- تحديد موعد بدء وانتهاء العمل بدقة متناهية.

٧- زيادة معدل عول تشغيل الشبكة الكهربية.

وتختلف أساليب التشخيص تبعا لنوعية القاطع ولذلك نضع القواطع المختلفة فى توال لتشخيص أعمال الصيانة المطلوب اجراؤها كى يتم العمل على أكمل وجه.

(أ) القواطع الغازية **Gas Breakers**

تعتمد قوة العمل الادائى على كفاءة العزل الكهربى لغاز سادس فلوريد الكبريت ومن ثم فهى تتأثر بكل من كثافته وضغطه ولذلك يجب قياس الكثافة والضغط بصفة مستمرة دون انقطاع إضافة الى قياس الضغط فى المعدات المعزولة بالغاز لتحديد عما اذا كان هناك تسريب ام لا ولهذا يجب أيضا إضافة قياس درجة الحرارة فى أماكن متناثرة بالمحطة لتحديد أماكن التسريب أن وجدت كما يلزم قياس الرطوبة ونقطة الندى Dew Point فالرطوبة ذات أهمية بينما نقطة الندى تمثل خطرا بالغا لترسي المياه على أسطح العازلات ولذلك يلزم استخدام مرشحات الرطوبة فى جميع الاجزاء لأى معدة بها غار SF6 ويمكن تلخيص اسس أساليب التشخيص الفعلى لحالة القواطع الغازية كما جاءت مبسطة فى (الجدول رقم ١١-٦) .

أما بالنسبة الى تحديد العيوب فيوجد العديد من الطرق المؤسسة على نظرية التفريغ الجزئى فى الغازات وتعتمد على ثلاث محاور هى :

١- موجات صوتية لتحديد مصدر صوت الشرارة داخل القاطع.

٢- موجات ضوئية تعتمد على الضوء الناتج عن الحدث الشرارى.

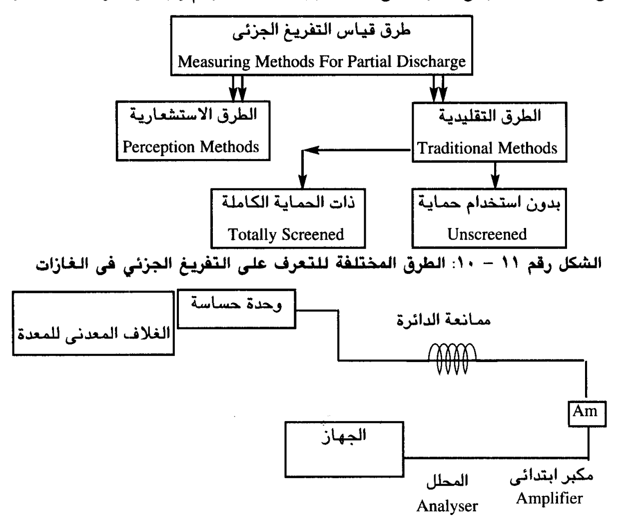
٣- التفاعل الكيميائى وما ينتج عنه من تغير كيميائي فى مكونات الغاز ولذلك نرى فى (الشكل رقم ١١-١٠) الطرق المختلفة لقياس التفريغ الجزئى فى القواطع الغازية.

وجدير بنا ان نتطرق الى الطرق الاستشعارية التى تعتمد علي استعمال الكاشف الحساس والتى توضع داخل الغلاف المعدنى وتعرف باسم Sensor او احيانا بالواصل Coupler والموضح توصيلة

جدول رقم ١١ - ٦: أساليب تشخيص حالة القواطع الغازية

النوعية الاختيارية	أسلوب التشخيص	خصائص الطريقة	أحتياجات
العــزل	التفريغ الجزئى	عالية الحساسية امكانية تحديد المكان	أقطاب داخلية لتحديد التفريغ أجهزة تحليل ذبذبى
	الجزئيات المعدنية	دقة عالية	وحدتى استشعار صوتى
التوصيــل	التسخين الزائد	تحديد زمنى مسبق قياس التوزيع الحراري	تحليل الذبذبات الحرارية كاميرا أشعة تحت الحمراء
	تقادم مانعات الصواعق	حيز مناسب لمحول التيار	تحديد تيار التسرب
الفتح والتوصيل	سرعة الاداء	--------	ألياف ضوئية لقياس المشوار

طبقا للشكل رقم ١١-١١ حيث انها وحدات عالية الذبذبات والتى تتراوح بين ٢٠٠ كيلو سيكل وحتى ٣ ميجا سيكل وهى تحتوى على الثلاث اجزاء المبينة بالرسم ولها من الفوائد العديد منها:



الشكل رقم ١١ - ١٠: الطرق المختلفة للتعرف على التفريغ الجزئي فى الغازات

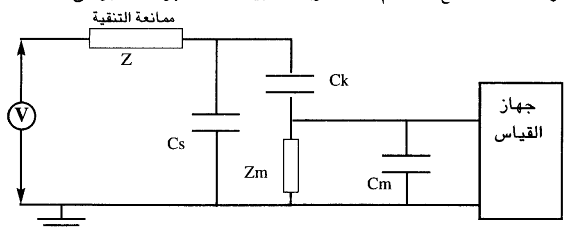
الشكل رقم ١١ - ١١: وحدة الاستشعار فائقة الذبذبات

١- تحديد أماكن التفريغات الجزئية وتسجيلها.

٢- قياسات الجهود الدفعية الانتقالية

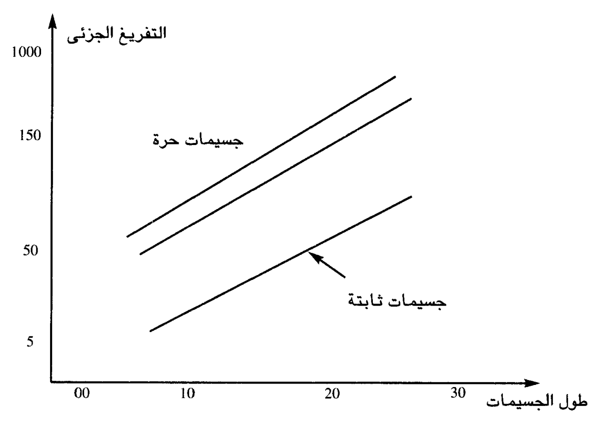
٣- قياس الشحنات فى حالة الاجهادات بالجهد المستمر (غير المتذبذب)

كما ان طريقة القياس بسيطة كما يبينها (الشكل رقم ١١-١٢) وهى تعتمد على جهاز قياس له مقاومة أو ممانعة Cm مع استخدام مكثف الربط Ck بينما سعة الجزء المختبر هى Cs



الشكل رقم ١١-١٢: الدائرة الكهربية لقياس التفريغ الجزئى فى الغازات

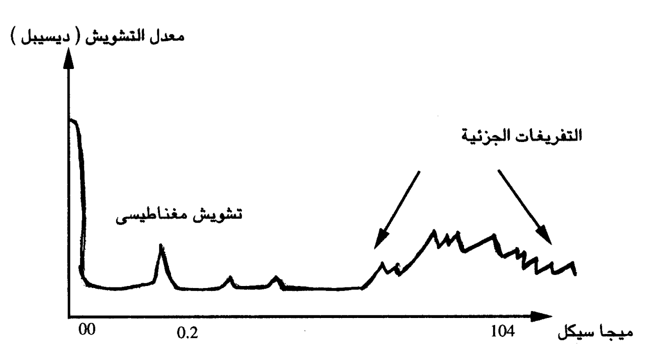
ويبين الشكل رقم ١١ - ١٣ شكل التغير بين التفريغ الجزئى وطول الجسيمات حيث تؤكد على أن طول الجسيمات المعدنية ذو تأثير شديد خصوصا مع تواجد الجسيمات الحرة.



الشكل رقم ١١-١٣: العلاقة البيانية بين طول الجسيمات وشدة التفريغ الجزئى فى الغازات

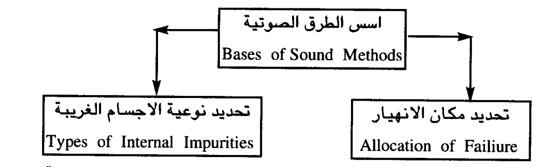
ويتم القياس طبقا للمواصفات وتوجد طريقتان للقياس كما وضحت فى (الشكل رقم ١١-١٠) حيث طريقة اللاحماية وتشمل محول أختبار جهد عالى عن طريق عازل نفاذ للاختبار او الخاص بالمحطة ذات الغاز كما يلزم مكثف ربط لمنع التشويش الخارجى ويجب ان تكون التوصيلات اقصر ما يمكن بينما فى الطريقة الثانية ذات الحماية تستخدم دائرة تنقية منعا للتشويش الخارجى وفى حالة القواطع ثلاثية الاوجة يختبر واحدا وتستغل مكثفات الوجهين الاخرين للربط اثناء الاختبار ويظهر فى (الشكل رقم ١١-١٤) الشكل الموجى للقياس فى هذه الحالات.

اما عن الطرق الصوتية فتنقسم الى اثنين هما الموضحتان فى (الشكل رقم ١١-١٥) حيث تعمل طريقة تحديد مكان الانهيار داخل الخلية بتثبيت العديد من الحساسات الصوتية على الغلاف المعدنى بواسطة اللصق وتوزع توزيعا شاملا على جميع المساحات السطحية وتعطى الاشارات نتيجة الاحساس بالصوت الشرارى داخل القاطع ويكون الاحساس افضل لتلك الحساسات التى وضعت على مقربة من موقع الشرارة وبهذا يمكن تحديد المكان ثم تحديده باكثر دقة وهكذا بينما فى الطريقة الاخرى يستخدم وحدتين فقط من الحساسات هذه متجاورتين فى المكان علي الغلاف وتكون الاولى منهما لمستوى التسريع الصوتى (AC (Acceleration والثانية من هذه



الشكل رقم ١١-١٤: الشكل الموجى للتفريغ الكهربى بواسطة محلل التذبذب

الحساسات تستخدم لتحديد مستوى البث الصوتى (AE (Acoustic Emission وبمعرفة النسبة بين المستويين وترتيب القيم الناتجة نستطيع التعرف على نوعية المواد الغريبة داخل الجهاز او القاطع.



الشكل رقم ١١-١٥: تصنيف منهجية التوصل الي العيوب داخل مهمات كهربية معزولة

١١-٣: صيانة القواطع Maintenance

المراجعة الصيانية تعبر عن تلك الاعمال والاجراءات الاستطلاعية اللازمة قبل القيام باعمال الصيانة وهى تلك الاعمال التى يجب ان تتم بصفة دورية فى الحالات العادية وتمثل حوالى الشهر بينما تقصر هذه المدة وتزيد البيانات التى يتم تسجيلها اذا ما كانت البيانات الشهرية تعطى مؤشرا عن تواجد التطورات غير العادية وعادة ما تتم المراجعة الظاهرية على الشكل الخارجى وهى من اهم انواع الاختبارات المسبقة للبحث مثلا عن الصدأ اذا ظهر فى مكان ما وهو ما نكتشفه من خلال التحميل والاختبارت كما ان هذه الاعمال تشمل القاء النظر على نقاء الزيوت المستخدمة عموما او حتى الغازات من خلال المبينات ان وجدت او باخذ العينات عند اللزوم للاختبار او ظهور اية مسامير غير مربوطة جيدا نتيجة الاهتزازت المتكررة عن حالات الفصل على قصر.

تعتمد المراجعة الصيانيه على تحليل القراءات المسجله والتاريخ الصيانى والتشغيلى للقاطع واجزائه ويكون من خلال تدوين ما يخص الاجزاء الرئيسية فى القاطع مثل المقاومات والاطراف ومشوار الحركه وكلها تحتاج الى الفنيين المتخصصين المهره حتى يكون الفرد قادرا على التمييز بين الاجزاء الصالحه او تلك التالفه ظاهريا .

تحدد المواصفات المختلفه العديد من الاختبارات ويمكن ايجاز أهمها كما يلى :

١- فى حاله التواجد اللاتماثلى وارتفاع مستوى الجهود الانتقاليه يتم اختبار الزمن لاعاده التوصيل التلقائى عند مستويات ١٠، ٣٠، ٦٠ ٪ من القيمه التماثليه المقننه

٢- يمكن الاكتفاء باختبار ٣٠ ٪ فقط فى الشبكات القويه التى لا تخضع للتاثيرات الانتقاليه العاليه

٣- قياس الجهد الاسترجاعى ومعامل القدره اختباريا .

بعد هذه القواعد الاساسية نتجة الى صيانة القواطع كل حسب نوعه فى السطور التالية :

اولا : القواطع الزيتيه

تشمل أعمال الصيانة عدداً من النقاط الاساسية سواء كانت فى الصيانة الجسيمة أو تلك الدورية

وقد تقل عن تلك المحولات الا إنها هامة فى عملها وهى لا تحتاج الى الوقت الكبير مثل المحولات وهذه النقاط موجزة فى :

١- تغيير الملمسات وهى الجزء الذى عاده يتلف حيث انه عند قطع التيارات الكبيره على وجه الخصوص يحدث عملية النقر على الاسطح الملسـاء للاطراف نتيجـه التواجد الشرارى وطبيعتـه ومن ثم يشكل التكرار المستمر لمثل هذه العمليات المتتاليه لقطع تيارات القصر يؤدى الى تحول السطح الاملس الى خشن وبالتالى يرتفع عنده الجهود الكهربيه ويساعد فى استمراريه التواجد الشرارى على عكس الغرض المنوط به ولذلك يكون لازما استبداله بآخر املس تماما .

جدير بنا ان ننوه الى ان هذه الاقطاب غير الصالحه وذات النقرات العديدة على السطح يمكن علاجها بوضعها فى عمليه الطلاء الكهربى مره اخرى حتى يكون القطب كما كان خصوصا اذا ما كان النقر بسيطا .

٢- تغيير الزيت وهو يتبع صيانه المحولات كما سبق شرحها

اما الصيانه الدوريه للمفاتيح فهى بسيطة وتتضمن عدداً من الأمور هى :

١- مراجعه مستوى الزيت .

٢- اخذ عينات الزيت دوريا لاختبارها .

٣- نظافة عازلات الاختراق .

٤- معاينة شاملة .

ثانيا: القواطع الغازية Gas Breakers

نظرا لأهمية القاطع فى الشبكة الكهربية نعتنى به فى كل موقع يتواجد فيه وبالرغم من الكفاءة العالية التى يعمل بها الا انه تتراكم العيوب والتلفيات فيها عموما وبهذا يبرز نوع القاطع وتأثيره على قدر العيوب (كما وكيفا) فمثلا يتميز القاطع الغازى SF6 بالعديد من المزايا ولكنه يمتلك ايضا بعضا من العيوب والتلفيات الممكنة نوجزها فى (الجدول رقم ١١-٧) .

كما تحتاج القواطع الغازية ذاتية الاطفاء الى خبرة ومهارة عالية لبرمجة اعمال الصيانة لأنه لابد وان يكون المبرمج ملما بالمعدة وعلى دراية كاملة بها ولذلك يلزم تسجيل البيانات الاساسية التالية لكل قاطع:

١- تاريخ المعدة وأجزائها تشغيليا وصيانة

٢- تاريخ الاختبارات ونتائجها تصلح الاحصائيات المحلية لذات النوعية كما يمكن الاستعانة بالاحصائيات الدولية عن القواطع او السكاكين لتحديد نوعية التلف او الاعطال وتشمل أعمال الصيانة الروتينية مايلى:

١- الفحص النظرى.

٢– التزييت والتشحيم.

وهى أعمال تتم كل فترة دورية اما عن الاعمال الجسيمة والتى تتضمن التغيير للملمسات وغيرها والتى تتم كل ٢٠ سنه تقريبا وفيها يتم الاتى

١– تغيير الملمسات استناد الى مرات الفصل التلقائى على قصر.

٢– تغيير غرفة الشرارة (أحيانا)

٣– تغيير اليايات فى بعض الاحوال

بالنسبة الى الاعطال فى القواطع الغازية فقد جاءت الاحصائيات فى (الجدول رقم ١١–٨) حيث نسبة الاعطال الاجمالية لكل ١٠٠٠ قاطع قد تحددت كنسبة مئوية مع تكرار هذه الاحصائيات والتى تباينت لنفس الاسباب وهو ما يؤكد على الغموض المستقبلى لهذه النوعيات نتيجة التفاوت الكبير بين نفس الاحصائيات.

تشير الاعطال الميكانيكية الى عدم استكمال عملية الفتح او التوصيل التلقائى أو عدم البدء نهائيا نتيجة أعطال فى ضاغط الهواء للقواطع او مستوى الزيت فى القواطع الزيتية او لضغط الغاز فى القواطع الغازية او نسبة التخلخل فى القواطع التخلخلية أو فى دوائر أى من هذه من محابس او محركات او مواسير وكلها تحتاج الى الصيانة المستمرة والمتابعة.

على الجانب الاخر وباكتساب الخبرات العملية والتطبيقية تقدمت أساليب تصميم كافة انواع القواطع وكذلك نظمها الداخلية ووسائل ابراز المعلومات الداخلية سواء عن طريق المبين أو الطرق

جدول رقم ١١ ـ ٧: بيان شامل للتلفيات المحتملة فى القواطع الغازية

نوع التلف	الخواص والاسباب	اسلوب المعالجة
تصنيعى	عيب من المصنع (صناعة – شحن – نقل)	التفتيش الفنى
معادن حرة	عيب تركيب (فصل داخلى) او تركيبى	عمل مصايد للجسيمات
الجزء المتحرك	تفاعلات كهروكيميائية بنواتج ثانوية	تحديد مكان الشحنات
	تأكل موضعى اماكن التوصيل الخفيف	تثبيت جيد ميكانيكيا
	اسطح معادلة الجهد شبة سابحة داخل المجال	
	تسرع في التقادم وتلوث السطح العازل	
معادن مترسبة	نتوءات معدنية علي الاقطاب ومثباتها	اسلوب الجهد الدفعى للتخلص من اللواصق داخليا
	جزئيات مترسبة على اسطح العازلات الخاصة بتثبيت المعادن	يلزم التشطيب الجيد والتركيب بعناية
تلف العزل	من الاختبار أو وجود فقاعات داخل العازل	
التلوث	تراكم الرطوبة لتواجد كميات كبيرة من الايبوكس مع ظهور المياه مع التغير في درجات الحرارة	

الاختبارية القياسية من أجل اطالة عمر القاطع لهذا يجب الاهتمام باعمال الصيانة الدورية ووضع التخطيط الصيانى لكل منهم بينما يلزم تقصير الدورة الصيانية بناءا على التحليل والدراسة المسبقة بل قد تتحدد لها الصيانة الجسيمة وقد ظهر الامل مع التطور الهائل لاطالة فترات الصيانة البينية بتقدم الاجهزة وطرق التحليل المتبعة وهى كلها اتاحت الفرصة لاظهار طرق صوتية وضوئية للاختبار وتحليل البيانات بل وأمكن تصنيفها ووضعها فى شكل مبسط للاستخدام والاعتماد عليها عمليا.

ثالثا: السكاكين الكهربية Electric Disconnectors

تعتبر السكاكين الكهربية من أهم الفواصل المساعدة فى الشبكات الكهربية لانها تساعد على :

١- رفع معدل تشغيل الشبكة.

جدول رقم ١١ ـ ٨: النتائج الاحصائية المنشورة دوليا وبالنسبة المئوية لعينة ١٠٠٠ قاطع واسبابها

نوع العطل	رقم الاحصاء	أسبـــاب الاعطـــال				٪
		حوامل جهد	أجهزة تحكم	أجزاء حركة	أخرى	
شامل	الاول	٣٢,٧٥	١٦,٩٦	٥٠,٢٩	–	١٠٠
	الثانى	٢٥	١٤	٢٦,٥	٣	١٠٠
	الثالث	٢٨,٦٣	٢٠,٧٧	٤٧,٨٥	٢,٧٥	١٠٠
جوهرية	الاول	٤٨	١٩	٣٣	—	١٠٠
	الثانى	٢١	٣٣	٤٢	٤	١٠٠
	الثالث	٣٤,٥	٢٦	٣٧,٥	٢	١٠٠
بسيطة	الاول	٢٦	١٦	٥٨	—	١٠٠
	الثانى	٢٦	٢٣	٤٦	٥	١٠٠
	الثالث	٢٦	١٩,٥	٥٢	٢,٥	١٠٠

٢- اجراء الصيانة على الاجزاء المختلفة بالمحطات مع عدم فصل الاجزاء المجاورة.

٣- اعطاء الفرصة لاجراء الصيانة بذات السكينة دون فصل باقى الاجزاء المجاورة.

تقوم السكينة الكهربية بعمل الجندى فى الميدان لتحمى العاملين بالصيانة حيث انها تتكون طبقا (للشكل رقم ١١-١٦) من السكينة ذاتها بجانب ذراعى تأريض لها (واحد لكل جانب) وهو ما يتم توصيله قبل صعود العاملين عليها الا انه يوضع نظام الفرملة التشغيلية Interlock مع تحريك ذراع التأريض منعا للحوادث كما تقوم السكينة بعمل القاطع عندما ينخفض الجهد الى ٣٠ ك.ف. واقل وهى فى هذا تعتمد على نظامين :

١- آلى أى باستخدام محرك كهربى لادارة اطراف السكينة.

٢- يدوى باستخدام ذراع حركة يدفع يدويا لاتمام الفصل او التوصيل.

٣- المزج بين النوعين السابقين وهو أفضل الحالات هندسيا.

وجدير بالذكر أن نوضح الحركة للسكينة وهى الاتجاهات التالية:

١- حركة افقية دائريا

٢- حركة أفقية محوريا

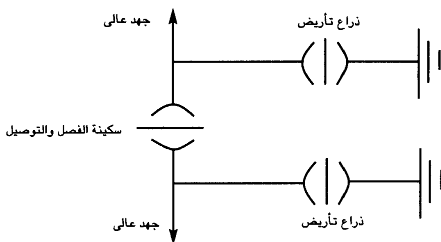
٣- حركة رأسية دائريا

تتنوع السكاكين Types of Isolating Links بشكل عام على النحو المبين فى الفقرات المتتالية: يأتى تباين السكاكين من جهة الشكل او التصنيع او الاداء التشغيلى اضافة الي الجهد التشغيلى وعما اذا ما كانت حملية ام لا الى غير ذلك من الصفات ولكننا نوضحهم جميعا على النسق القادم تبعا لنوع الملمسات مثل:

(أ) سكينة ذات الملمس النصلى Blade Contact

(ب) سكينة ذات الملمس الاسطوانى المتزلق Sliding Contact

حيث تتميز النوعيه الاخيرة بصغر الحجم ولذلك يكون مناسبا مع القضبان الكهربية فى لوحات التوزيع خصوصا مع القضبان المزدوجة لما توفره من مساحات فراغية داخل اللوحة لأن حركة



الشكل رقم ١١ ـ ١٦:الرسم الخطى لسكينة جهد عالى

الفصل فى خط واحد كما يمكن توفير مسارين مع القدرات العالية ومنها السكاكين الدورانية Rotary وتتنوع السكاكين ايضا تبعا للنمط التالى :

١- سكاكين لا حملية جهد عالى **High Voltage Isolating Links**

تدخل السكاكين الكهربية بغزارة فى التوصيلات داخل محطات المحولات والتوليد كى تقلل من تكلفة التواجد التكرارى للقواطع ويعيبها انها لا تستطيع تحمل مسئولية فصل التيار سواء تلقائيا او يدويا لانها لا تعمل على حمل ولكنها تساعد فى عزل القطاعات المختلفة داخل الدائرة عن بعضها البعض لانها تسمح بتوصيل لقاطع فى الوضع ON حتى وان كانت الدائرة مفصولة تخفيفا على الحمل الميكانيكى على اليايات Springs ويعرض الشكل رقم ١١-١٧ (ص٢٦٥)

منظرا لاحدها على الجهد العالى وهى ذات ذراعين متحركين بعكس القاطع ذو الملمس المتحرك الواحد وهذه الحركة المزدوجة تضاعف سرعة الفصل وان كان بدون حمل حفاظا على عمرها الافتراضى خصوصا لتواجد التيارات الاستاتيكية كشحنات سعوية بكثرة داخل هذه المحطات والتى تتحرك بالتفريغ من خلال اطراف السكينة فى بعض الحالات فتساهم فى استهلاك الاطراف ولا يجوز ان تعمل هذه النوعية تحت الحمل بأى حال من الاحوال.

٢- سكاكين حملية جهد متوسط On Load Disconnectors

بانخفاض الجهد الى المستوى المتوسط تقل القدرة الكهربية المارة بالسكينة وبالتالى اتجة الخبراء المصممون الى استخدام السكاكين الحملية للجهد ١٠ أو ٢٠ واحيانا مع الجهد ٣٠ ك.ف. ويقدم (الجدول رقم ١١-٩) البيانات الفنية الخاصة بها للنوع النصلى ثم فى الجدول رقم ١١-١٠ للنوع المتزلق بينما للنوع المضغوط قد جاءت هذه البيانات فى (الجدول رقم ١١-١١) وهـى مـن الانـواع المعمـرة مـن السكاكين فعمرها الافتراضى يصل الى ٤٠ سنه مما تجعل المستهلكين يقبلون على هذا النوع لاستخدامه فى المصانع الكبرى والمجمعات الضخمة.

جدول رقم ١١ ـ ٩: البيانات الفنية للسكاكين النصلية

جهد مقنن kV	تيار مقنن A	أقصي تيار kA	قصر (ثانية) kA	جهد الاختبار		اقصى عزم kpm
				جهد عادى مستوى F - A	نبضي (أقصى – أدنى)	
١٠ – ١٢	٤٠٠	٤٠	٢٠	٣٥ – ٤٥	٧٥ – ٨٥	٧
	٦٣٠	٦٠	٣٠			٧
	١٢٥٠	١٠٠	٥٠			١٠
	١٦٠٠	١٢٥	٥٠			١٦
	٢٥٠٠	١٢٥	٥٠			١٦
١٣ – ١٥	٤٠٠		٢٠	٥٠ / --	-- / ٩٥	
٢٠ – ٢٤	٤٠٠	٤٠	٢٠	٥٥ – ٧٥	١٢٥ – ١٤٥	٨
	٦٣٠	٥٠	٣٠			٨
	١٢٥٠	٧٥	٣٠			١٥
٣٠ – ٣٦	٤٠٠	٤٠	٢٠	٧٥ – ١٠٠	١٧٠ – ١٩٥	٩
	٦٣٠	٥٠	٣٠			٩
	١٢٥٠	٧٥	٣٠			٢٠
	١٦٠٠	٦٠ – ٧٥	٤٠ – ٥٠			

٣- سكاكين حملية جهد منخفض Low Voltage On Load Switches

عندما نصل الى الجهد المنخفض سواء عند ٦٠٠ – ٥٠٠ ف . أو ٣٨٠ أو ٢٢٠ فولت تنخفض

القدرة بشكل شديد مما يجعلنا نتجة الى السكاكين بدلا من القواطع من الوجهة الاقتصادية البحتة اعتمادا على قدرة العزل الهوائي على قطع الشرارة من هذا القدر وتحت الظروف الجوية المعتادة ويزيد الاستعانة بثلاث انواع هى :

جدول رقم ١١ ـ ١٠: البيانات الفنية للسكاكين الانزلاقية

جهد مقنن (ك.ف)	تيار (مقنن – اقصى) (أ.) – (ك.أ.)		قصر لمدة ثانية واحدة (ك.أ)	اختبار 50 هيرتز		اختبار وميض 50 /1.2		اقصى عزم kpm
				class A	F	اقصى	ادنى	
١٠ / ١٢	١٢٥٠ ٢٠٠٠ ٢٥٠٠	٧٥ ١٠٠ ١٢٥	٣٠ ٤٠ ٥٠	٤٥	٣٥	٨٥	٧٥	١٣ ٢٦ ٢٦
٢٠ / ٢٤	١٢٥٠ ٢٠٠٠ ٢٥٠٠	٧٥ ٧٥ ١٠٠	٣٠ ٤٠ ٥٠	٧٥	٥٥	١٤٥	١٢٥	١٨ ٣٦ ٣٦

أ– السكاكين الحملية والمبين لها الشكل العام فى الشكل رقم ١١–١٨ (ص٢٦٧) والتى تستقل بمسار لكل وجة متجاورة يفصل حاجز عازل بينهم احيانا والاجزاء المعدنية مصنوعة من مادة معدنية عالية المقاومة للشرارة ويرتكز علي قاعدة متحركة تعمل كرفاس مع أمر الفصل ويمكن ضبطه للفصل التلقائى مع زيادة التيار او تيار القصر او الاثنين ويضاف احيانا وقاية انخفاض الجهد ويوضح الجدول رقم ١١–١٢ البيانات الفنية لها عند التوصيل على القصر.

ب– المصهرات.

ج– السكاكين اللاحملية ذات المصهرات

وتعتمد دوائر التوزيع الكهربى على هذه الانواع جميعا وقد سبق وان تعرضنا لموضوع المصهرات باسهاب فى هذا الكتاب ولذلك نخصص الان الجزء التالى للسكاكين الحملية حيث يدخل فيها القواطع بالجهد المنخفض والتوزيعى والتى تتميز بما يلى:

مدى تيار القطع ٤٠٠ – ٤٠٠٠ أمبير.

قدرة القطع ٤٠ – ١٠٠ ك.أ ومع مؤخر الفصل Delayed Fault Tripping

قدرة التوصيل على قصر ٨٥ – ٢١٠ ك.أ.

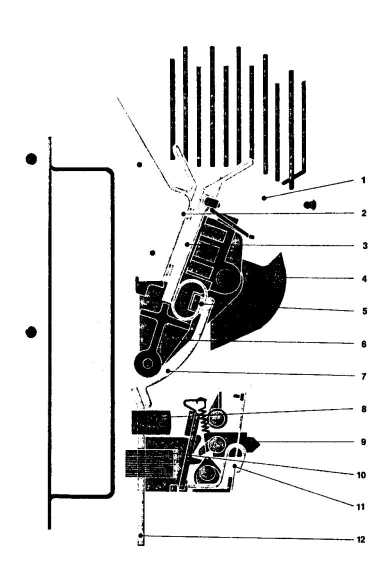
التيار الوميضى ٨٥ – ٢١٠ ك.أ.

عمر الجهاز الميكانيكى (طويل)

الحيز الفراغى صغير حتى تيار ٣١٥٠ ك.أ.

المسار الشرارى ضيق

يمكن التشغيل يدويا او بمحرك كهربى أو بالنظام الهيدروليكى Penumatic System



الشكل رقم ١١ ـ ١٩

الشكل رقم ١١–١٩: منظر عام لمكونات القاطع الحملى على الجهد التوزيعى

١– متزلق شرارى

٢– ملمس ثابت

٣– ملمس متحرك

٤– حاجز متحرك

٥– توصيل تعويضى

٦– حامل عازل للملمس بالياى الميكانيكى

٧– توصيل شرائحى للملمس المتحرك

٨– جهاز الفصل المغناطيسى عند القصر

٩– قفل متزلق مع القصر

١٠–محول تيار للفصل الحرارى

١١– مزدوج حرارى للفصل

١٢– قضبان التوصيل

جدول رقم ١١ ـ ١١: بعض البيانات الفنية للسكاكين بالنوع المضغوط

البيان	p.f	جهد 10 -12 (ك. ف)	10 -12 (ك. ف)	جهد 20 -24 (ك. ف)	جهد 20 -24 (ك. ف)
تيار مقنن (أ)		٤٠٠	٦٣٠	٤٠٠	٦٣٠
تيار فعال (أ)	٠,٧	٤٠٠	٦٣٠	٤٠٠	٦٣٠
(أمبير)	٠,٧	١٠٠	١٥٠	١٠٠	١٥٠
	٠,٧	٦٠٠	٩٠٠	٦٠٠	٨٠٠
تيار قفل حلقة (أمبير)	٠,٣	٤٠٠	٦٣٠	٤٠٠	٦٣٠
تيار فصل محول لا حملى (أ)	٠,١	٧٥	٩٠	٧٥	٩٠
تيار فصل كابل (أ)		٣٥	٣٥	٣٥	٣٥
توصيل على قصر (ك.أ)		٣٦	٥٠	٣٦	٣٦
اقصى تيار مقنن (ك.أ)		٤٠	٥٥	٤٠	٥٥
اقصى تيار لمدة ثانية (ك.أ)		١٥	٢٥	١٥	٢٥

يتحمل الضغط الديناميكي والحرارى نتيجة القصر حتى مع مؤخر الفصل من هذه المواصفات نجدها صالحة للاستخدام فى الحالات الاتية:

عند نهاية المغذيات ـ للمحولات ـ للمحركات – للخطوط والكابلات ـ كقاطع رئيسى فى لوحات التوزيع ـ للمكثفات ـ لمحسنات معامل القدرة ـ لتوزيع التيار الكهربى .

تظهر اجهزة الوقاية على هذه السكاكين من أهم الضروريات الفنية حتى لا تفقد القيمة الهندسية ومن آهمها تأتى الوقاية ضد الحمل الزائد Over Load وعادة تتواكب مع التيارات المقننة حتى ١,٦ك.أ. وتلائم دوائر المحركات والمحولات لانها تعتمد على رفع درجة الحرارة من ـ٥ حتى +٥٠ درجة مئوية اضافة الى الوقاية ضد تيار القصر Short Circuit وتزود عالية القدرة منهم بامكانية اعادة التوصيل عند زيادة الحمل كأضافة لكفاءة العمل وتتأثر خواصها بمدة التأخير الزمنى للفصل Time Delay خصوصا مع تيار القصر ولذلك يجب تقصير زمن التأخير الى أدنى قيمة ممكنة حيث يقوم الجهاز المغناطيسى بتشغيل الجزء التوازى مع المفتاح المساعد ويبين

جدول رقم ١١ ـ ١٢: مقننات القواطع ٦٦٠ فولت لقدرة التوصيل على قصر

البيان / طراز	صغير	متوسط	طراز عالى	القدرة
الجهد مقنن (ف)	٦٦٠	٦٦٠	٦٦٠	٦٦٠
تيار مقنن (أ)	٤٠٠	٨٠٠	٢٤٠٠	٤٠٠٠
مستوى العزل (ك.ف.)	١	١	١	١
قدرة توصيل قصر (ك.أ)	٨٥	١٠٥	١٦٥	٢١٠
قدرة قطع ٥٠٠ ف.(ك.ف)	٤٠	٥٠	٧٥	٩٥
معامل قدرة	٠,٢٥	٠,٢٥	٠,٢	٠,٢

جدول رقم ١١ ـ ١٣: مقننات القواطع ٦٦٠ فولت

البيان / طراز	صغير	متوسط	طراز عالى القدرة	
قدرة قطع ٦٦٠ ف.	٣٠	٣٨	٧٥	٩٥
معامل قدرة	٠,٢٥	٠,٢٥	٠,٢	٠,٢
تيار مؤخرا (ك.أ)	٤٠	٥٠	٧٥	٩٥
معامل قدرة	٠,٢٥	٠,٢٥	٠,٢	٠,٢
تيار وميضى مؤخر (ك.أ)	٨٥	١٠٥	١٦٥	٢١٠
عمر القاطع (مرات فصل)	٣٠٠٠٠	٣٠٠٠٠	١٠٠٠٠	٣٠٠٠
اقصى تشغيل (مره/ساعة)	٢٠	٢٠	١٥	١٠
عمر الملمسات	٣٠٠٠٠	٣٠٠٠٠	١٠٠٠٠	٣٠٠٠
اقل طول اشارة فصل (ميلى ثانية)				
ملف فصل	٢٠	٢٠	٣٠	٣٠
انخفاض جهد	١٥	١٥	١٥	١٥
خطأ	٥	٥	٣٠	٣٥
زمن التأخير	١٠	١٠	٤٥	٦٥
زمن الفصل	٣٠	٣٠	٦٠	٨٠

(الجدول رقم ١١-١٣) بعض الخواص لضبط الوقاية للنوعيات التى وردت فى (الجدول رقم ١١-١٢) وتتميز هذه القواطع بامكانية الضبط الزمنى والتيارى لحدود الفصل والمحددة فى (الجدول رقم ١١-١٣) بينما يعطى (الجدول رقم ١١-١٤) متوسط ثابت للتشغيل وهو الضبط المعتاد.

جدول رقم ١١ ـ ١٤: الضبط المعتاد لبعض حالات الوقاية المختلفة

بيان / نوع وقاية	انخفاض الجهد	انخفاض الجهد AC	انخفاض الجهد DC	ملف الفصل
(%) Pull in	٨٠		٨٠	٥٠
(%) Drop Out	٧٠ – ٣٥		٧٠ – ٣٥	
تأخير زمنى (ث)		٤ ، ٣ ، ٢ ، ١	٦	١٥٠
استهلاك طاقة (ف.أ)	١٦	١٨		١٥٠

٤- قواطع جهد التوزيع Distribution Switches

ننتقل الى السكاكين الحملية على جهد التوزيع ٣٨٠ – ٢٢٠ فولت وهى بدون شك اقل فى القدرة عن تلك ذات الجهد العالى الا انها لاتقل اهمية بل قد تحتاج الى الرعاية الاكثر لاننا نتعامل معها بصفة دائمة فى البيت والمدرسة والمصنع وفى الشارع ولذلك يجب الاهتمام بها أثناء التشغيل وفى اسلوب الاستخدام مع ضرورة الالتزام بقواعد الامان ووسائل الوقاية سواء للافراد او الاجهزة او لنفس القاطع وبذلك تجلو اهمية اجراء الصيانة لها والتى قد ننظر اليها بعين الاهمال وعدم الاكتراث ويقدم (الجدول رقم ١١-١٥) بيانات اساسية عن المفاتيح الكهربية Switches على جهود التوزيع المختلفة بدءا من ٢٢٠ فولت وحتى ٦٦٠ فولت محددا قدرة القطع لذبذبة ٥٠-٦٠ هيرتز علاوة على حالة الاستخدام مع التيار المستمر .D.C حيث وضعت فى شكل مجموعات جهدية.

جدول رقم ١١ ـ ١٥: بيانات اساسية لمفاتيح التوزيع الكهربى

جهد (ف)	٢٤٠/٢٢٠	٤١٥/٣٨٠	٤٨٠/٤٤٠	٥٠٠	٦٠٠	عدد مسارات	تيار مستمر ٢٥٠ فولت
قدر قطع	٦٥ ١٠٠	٣٥ ٦٥	٣٥ ٦٥	٣٠ ٤٢	٢٥ ٣٥	٢ ، ٣ ، ٤	١٠ ٢٢
(ك.أ)	٢٠٠	١٠٠	١٠٠	٦٥	٥٠		٢٢

جاء فى الشكل رقم ١١–٢٠(ص٢٦٧) منظر عام لهذه المفاتيح حيث ظهر فى المقدمة ملف الفصل التلقائى Tripping Coil ويتم ضبطه تبعا للمواصفات الواردة فى (الجدول رقم ١١–١٦) اضافة الى ظهور ثلاث مفاتيح ضبط فى أسفل الصورة متيحا لنا فهم امكانية الضبط وعدم التهاون فى ذلك لتأثيرها الفائق على أداء المفتاح ذاته وايضا الاخرى المجاورة قبله أو بعده فى الشبكة اما عن البيانات المقننة لوقاية انخفاض الجهد فقد جدولت فى (الجدول رقم ١١–١٧) ويحدد (الجدول رقم ١١–١٨) مقننات انخفاض الجهد فى حالتى التيار المستمر المتردد كما يقدم (الجدول رقم ١١–١٩) الارقام العددية للضبط القياسى لمقننات المفاتيح جهد ٣٨٠/٢٢٠ فولت

جدول رقم ١١ ـ ١٦: مقننات الضبط للفصل الالكترونى

البيـــــــان	المقنن او الاقصى	الضبـــــط
مقنن التيار ١٠٠ %	التيار المقنن	
تيار الزمن الطويل	التيار المقنن	
نسبة التيار لزمن التأخير		٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧ ، ٨
زمن تأخير ثابت	تبعا للتصميم ($I^2 t$)	
زمن تأخير بالضبط		١٠٠ – ٢٠٠ – ٣٠٠ ميلى ثانيه
الفصل الفورى		٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦
فصل خطأ الارضى	قصوى ٤٠٠ أمبير	٨٠ – ١٦٠ – ٢٤٠ – ٣٢٠ – ٤٠٠
	قصوى ٢٥٠ أمبير	٥٠ – ١٠٠ – ١٥٠ – ٢٠٠ – ٢٥٠
	قصوى ١٢٥ أمبير	٥٠ – ٧٥ – ١٠٠ – ١٢٥
زمن تأخير للخطأ الارضى		١٥٠ ـ ٣٠٠ ـ ٥٠٠ ميلى ثانيه

وبذلك يمكن تلخيص مزايا السكاكين (المفاتيح على جهد التوزيع) فى النقاط التالية:

١– مستوى العزل عالى.

٢– وسط العزل متوفر (الهواء الجوى) .

٣– حجم صغير لكل الابعاد .

٤– أمان تشغيلى تام .

٥– نوع مرئى الاداء .

٦- بساطة التشغيل .

٧- سهولة الاضافية للشبكة .

٨- امكانية الفصل بالحاجز العزلى بين الاوجة .

٩- سهولة فرملة التوصيل الخطأ Interlock عند وجود أعطال او اثناء إجراء الصيانة حتى لا يتم التوصيل على العاملين وتتنوع هذه الفرملة فى خمسة أشكال هى:

* باسلوب ملىء مشوار الحركة بجسم مخصص له حتى لا يكون هناك مشوارا متاحا ويعرف هذا النوع باسم Hand Block

* باستخدام ذراع ايقاف الحركة Lock Hasp

* بوضع ترباس Sliding Bar

* الاعتماد على نظرية الذراع المتحرك Walking Beam

* مفتاح الامان Safety Key

جدول رقم ١١ ـ ١٧: مقننات ملف الفصل لتدانى الجهد

جهد الملف (فولت)	ادنى جهد تشغيل (DC - AC)	قدرة (DC - AC) فولت أمبير
٩	٦ - -	٨٠ - -
١٢	٧ - ٥	٤٥ - ٣٥
٢٤	٧ - ٥	٢٠٠ - ١٧٠
٤٨	٧ - ٥	٨٣٠ - ٧١٠
٦٠	٧ - ٥	١٢٨٠ - ١١٠٥

رابعا : الصيانة النوعية Typical Maintenance

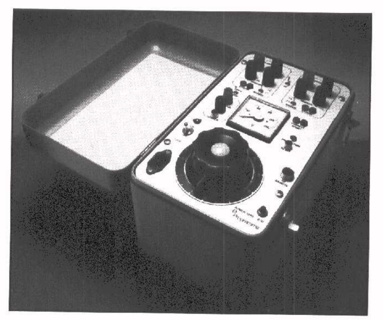
تعتمد الصيانة عموما بما فيها الدورية والوقائية على تفهم اسس الاداء داخل المعدة ذاتها ولما كانت القواطع والسكاكين مبنية على الجهاز الحركى ديناميكى الطابع Mechanism بجانب الالية الكهربية فنجد لهذه المعدات جانبين اساسيين للتعامل معها ولذلك ينبثق العمل الصيانى فيها من ثلاث محاور اعتمادا على الاستعانة الضرورية بالعمال والفنين المهرة والمدربين جيدا على كل الاعمال حسب الاحوال وتشمل :

١- محور الصيانة الكهربية ويحتوى هذا المحور على العديد من الاعمال وتتنوع الى :

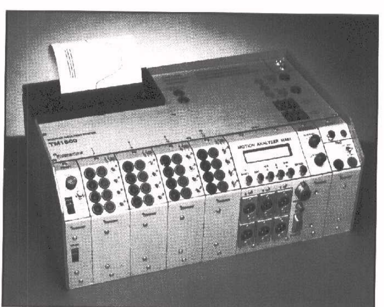
* صيانة الملمسات بما فيها الدائرة الكهربية.

* صيانة غرفة الشرارة من ضبط لمجمع الغاز او نتوءات او جسيمات مترسبة بالداخل او العازل ذاته.

*صيانة الوسط العازل وهو ما قد يكون الهواء المضغوط فيشمل الكباسات (الضواغط) او خزان الهواء المضغوط او شبكة الامداد او قد يكون الغاز فيكون الخزان او التقادم او



الشكل رقم (١١ - ١)

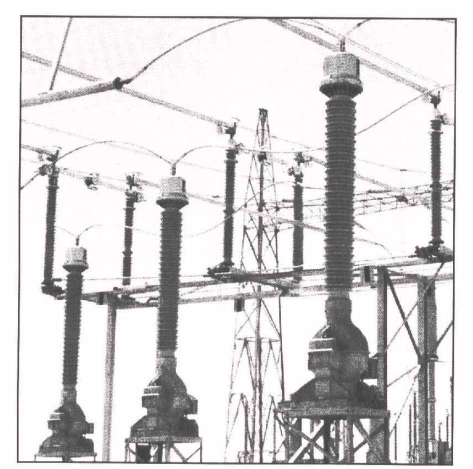


الشكل رقم (١١ - ٢)

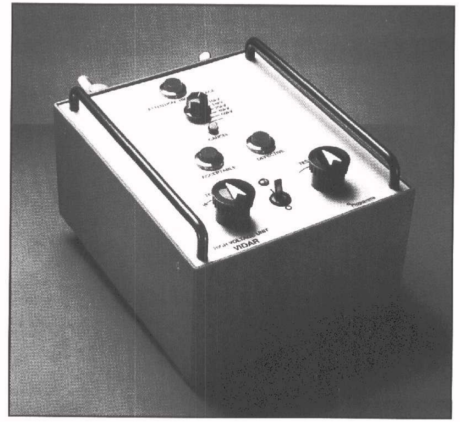


الشكل رقم (١١ - ٥)



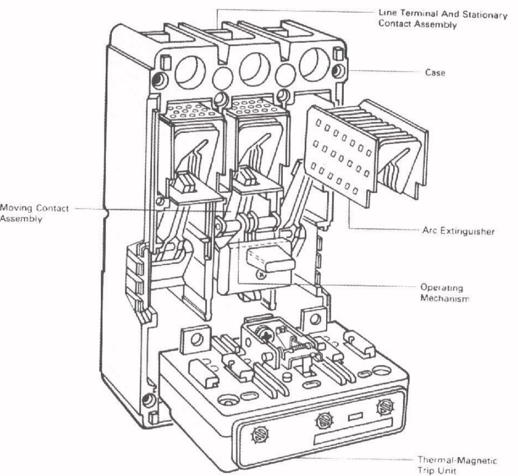


الشكل رقم (١١ - ٩)

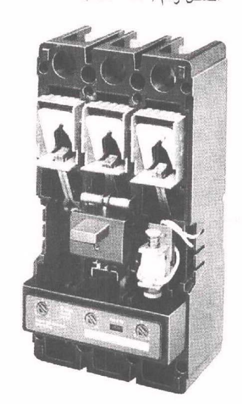


الشكل رقم (١١ - ١٧)





الشكل رقم (١١ – ١٨)



الشكل رقم (١١ – ٢٠)



جدول رقم ١١ ـ ١٨: مقننات انخفاض الجهد التلقائى

جهد الملف	اقل انخفاض DC / AC	اكبر انخفاض DC / AC	القدرة (ف.أ) DC / AC	DC / AC اقصى جهد تشغيل
٩	٣,٢ / --	٨,٤ / --	١,٩ / --	٧,٧ / --
١٢	٤,٢ / ٤,٢	٨,٤ / ٨,٤	١,٩ / ١,٦	١٠,٢ / ١٠,٢
٢٤	٨,٤ / ٨,٤	١٦,٨ / ١٦,٨	٣,٩ / ٣,١	٢٠,٤
٤٨	٢١ / ٢١	٣٣,٦ / ٣٣,٦	٢,٥ / ٢	٤٠,٨
٦٠	٢١ / ٢١	٣٣,٦	٣,٨ / ٣,١	٤٠,٨
١١٠	٤٤,٥ / ٤٤,٥	٧٧	١,٨ / ١,٦	٩٣,٥
١٢٠	٤٤,٥ / ٤٤,٥	٧٧	٢,١ / ١,٩	٩٣,٥
١٢٧	٤٤,٥ / ٤٤,٥	٧٧	٢,٤ / ٢,٢	٩٣,٥
٢٠٨	٨٥ / ٨٧,٥	١٤٥,٦ / ١٥٤	٢,٧ / ٣,١	١٧٦,٨ / ١٨٧
٢٢٠	٨٥ / ٨٧,٥	١٤٥,٦ / ١٥٤	٣,١ / ٤	١٧٦,٨ / ١٨٧

الشوائب او الوسط الزيتى فيحتاج الى الاختبار وتحديد مدى التقادم .

* صيانة الملحقات بغرض الوقاية ضد الاخطاء والاعطال.

٢- محور الصيانة الميكانيكية تشمل الكثير من النقاط الفرعية لانها تختص باجزاء الحركة ولذلك تقوم على :

* صيانة ميكانيزم الحركة (الهيدروليكى)

* مراجعة التربيط على الاجزاء والقواعد تقليلا لتأثير الاهتزازات الميكانيكية Vibrations

٣- محور الاختبارات

تتباين الاختبارات كما سبق الشرح فى هذا الكتيب الا اننا نؤكد على اهم الاختيارات الضرورية والتى لاغنى عنها ضمن اعمال الصيانة:

* قياس مقاومة الملمسات .

* قياس جهد نقطة التوصيل.

* اختبار الوسط العازل.

* اختبار زمن التوصيل .

* اختبار زمن الفصل .

* اختبار الزمن الاقصى لتوصيل اطراف المفاتيح ثلاثية الطور ويعد هذا الاختبار من أهم الاختبارات على الاطلاق فى تشغيل القواطع الكهربية بل انه فى بعض الحالات يفضل اعادة التوصيل بدلا من الفتح اذا ما تجاوز الزمن الفصلى عن حد معين فيتعرض القاطع للخطر.

يعتمد قاطع الدائرة لجهد التوزيع ٣٨٠ / ٢٢٠ ف على عددا من العوامل هى :

١- **مقننات التشغيل** : وتشمل الجهد المقنن والذى يتحدد بأقصى جهد مسموح به لمرور التيار

المقنن عند التردد المصمم عليه لأى فترة زمنية دون انقطاع مع عدم ارتفاع درجة الحرارة عن الحدود المسموح بها .

٢- **مقننات الفصل** : تشمل تيار الفصل المقنن Rated Breaking وهو عبارة عن القيمة الفعالة لتيار القصر الأقصى والتى يتم فصلها بأمان كامل وبلا تأثير على مكونات المفتاح عند حدود جهد التشغيل اثناء القصر وبمعامل قدرة اثناء الخطأ يتراوح بين ٠,٢ وحتى ٠,٢٥ تبعا للواقع الفعلى فى شبكات التوزيع ، ويشمل كذلك تيار التوصيل على قصر Rated making وتكون فيه القيمة أكبر من تلك السابقة أما تيار الزمن القصير Rated Short Time فهو القيمة الفعالة الأقصى لأكبر قصر يتحمله القاطع ولكن لفترة زمنية قصيرة جدا تتراوح بين ثانية واحدة و٣ ثوان وهو ما يعبر عن القدرة الحرارية خصوصا عند التشغيل مع المتممات ذات التأخير الزمنى .

٣- **وحدة اطفاء الشرارة الكهربية** : تقوم نظرية فصل الدائرة الكهربية فى قواطع جهد التوزيع على الابقاء على صغر الجهد الموجود المتاح بين اقطاب القاطع عن الجهد العازل بينهما وبالتالى تنقطع الشرارة ويمكن تحقيق ذلك من خلال :

أ – تشكيل أقطاب التوصيل فى القاطع على شكل خطين متباعدين .

ب – جعل المجال المغناطيسى للتيار مؤثرا بقوة الى أعلى فترفع القوس الكهربى (الشرارة) فى شكل قوس دائرة وبمساعدة الحرارة الناتجة .

ج – تقسيم القوس الكهربى بوضع فواصل عازلة فى أغلب الاوقات على طول مساره فتساعد على تقسيمه وتبريده فى آن واحد ونتيجة الغازات المتولدة عن الفواصل فتقلل هذه الغازات من تأثير التآين .

د – الاستفادة من المجال المغناطيسى الناتج عن التيار اثناء الفصل كى يعطى كل قطب مجالا معاكسا للآخر فيساعد على تلاشى الشرارة بسرعة .

وتتنوع هذه الوحدة تبعا للتصميم على أساس ضبط زمن وقيمة الفصل كما يلى :

النوع الأول : **فصل كهروميكانيكى**

وهو الذى يعتمد على شرائح ثنائية معدنية Bimetals وكذلك على المغناطيسيات الكهربية Electromagnets من أجل حماية القاطع من الجهد الضارب وضد قيمة تيار القصر الأقصى ويشمل الأنواع التالية :

اولا : **الفصل الحرارى Thermal Tripping**

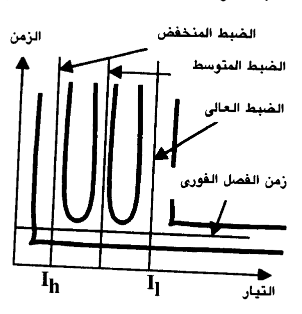
تستخدم شريحة ثنائية ترتفع درجة حرارتها بمرور التيار فيها اذا زاد عن الحد الأقصى حيث يتمدد كل معدن بالشريحة الثنائية تبعا لمعامل التمدد لكل جزء ومن ذلك يمكن التحكم فى درجة الحرارة وبالتالى فى تيار الفصل بالاسلوب الحرارى وهذا النوع يصلح أيضا لحماية الدائرة من

زيادة الحمل Over load حيث صفة الفصل السريع مع التيار الكبير (طاقة حرارية أكبر) ويكون ذلك من خلال العلاقة الزمنية مع التيار الحرارى الشكل رقم ١١-٢١ حيث تظهر حدود التغير فى مدى ينحصر بين منحنى أكبر زمن فصل وذلك لأقل زمن فصل .

الشكل رقم ١١ - ٢١ : العلاقة الحرارية

ثانيا: الفصل المغناطيسى Magnetic Trip

يعتبر هذا النوع على الفصل بدون تغير زمنى كالسابق بل يكون الفصل بزمن ظهور المجال المغناطيسى مثل المتممات وأجهزة القياس ولذلك تظهر خواص هذا النوع كما فى الشكل رقم ١١-٢٢ وهو ما يعرف بأسم الفصل طويل الزمن Long Time Trip أى أن الفصل يتم بعد وقت طويل ويظهر إمكانية الضبط من خلال ثلاث أوضاع تؤثر على قوة الياى فتعطى تلك الخواص الثلاثة . هنا لا يفصل المفتاح الا إذا وصل التيار الى القيمة المحددة ضبطا سواء كانت النقطة (أ) أو (ب) أو (ج) فيتم الفصل عند الزمن المحدد على الرسم هكذا نجد أن عملية التحكم فى خواص أداء المفتاح ممكنة ومتاحة بحيث يمكن إختيار المفتاح المناسب بالخواص المطلوبة للفصل وهذه الخواص تتضمن ثلاث مناطق زمنية هى :

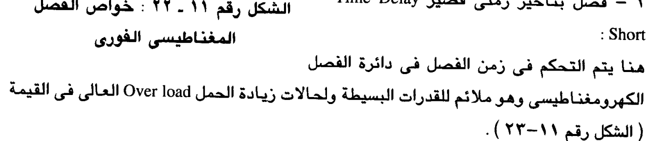


الشكل رقم ١١ - ٢٢ : خواص الفصل المغناطيسى الفورى

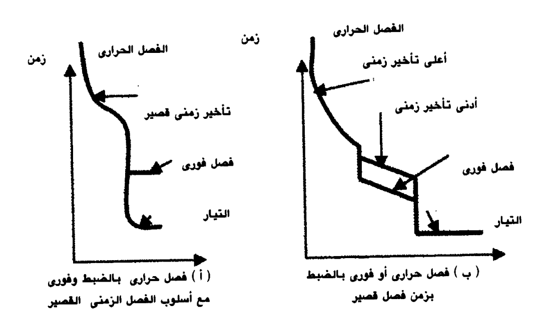
١ - فصل بتأخير زمنى طويل Time Delay Long :

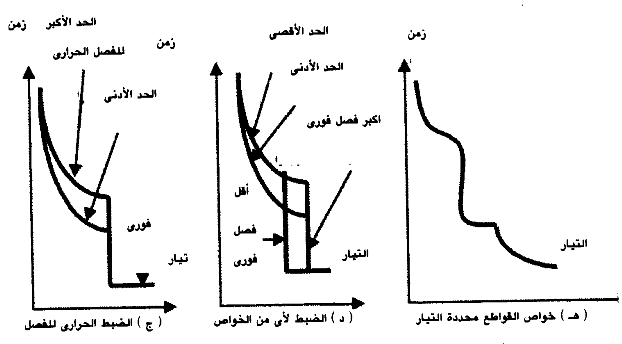
وهو ملائم لحماية زيادة الحمل وقد سبق الأشارة الى ذلك .

٢ - فصل بتأخير زمنى قصير Time Delay Short :



هنا يتم التحكم فى زمن الفصل فى دائرة الفصل الكهرومغناطيسى وهو ملائم للقدرات البسيطة ولحالات زيادة الحمل Over load العالى فى القيمة (الشكل رقم ١١-٢٣) .





الشكل رقم ١١ ـ ٢٣ : الخواص العامة لفصل القواطع على الجهد المنخفض ٣٨٠ / ٢٢٠ فولت

٣ – فصل محدد : يستخدم قواطع هذا النوع من الفصل فى نهاية الدوائر الفرعية والطرفية وكذلك مع الدوائر التى بها مصهرات من نوع المحدد التيار عندما يرتفع تيار القصر فى الموقع عن ذلك الخاص بأجهزة الفصل (الشكل رقم ١١–٢٣) .

النوع الثانى : الفصل الالكترونى

تستخدم قواطع الفصل الالكترونى (Electronic C B) حديثا حيث تم التغلب على الكثير من المشكلات وخصائص الفصل ككل .

جدول رقم ١١ ـ ١٩: الضبط القياسى لمقننات التيار لمفاتيح ٣٨٠ / ٢٢٠ فولت

التيار التشغيلى المقنن (أ)	مدى ضبط الفصل المغناطيسى (أ)	ضبط التيار (أ)
١٠٠	٥٠٠ – ١٠٠٠	
١٢٥	٦٢٥ – ١٢٥٠	
١٥٠	٧٥٠ – ١٥٠٠	
١٧٥	٨٧٥ – ١٧٥٠	
٢٠٠	١٠٠٠ – ٢٠٠٠	١٦٠ – ٢٠٠
٢٥٠	١٢٥٠ – ٢٥٠٠	٢٠٠ – ٢٥٠
٣٠٠	١٥٠٠ – ٣٠٠٠	٢٥٠ – ٣١٥
٣٥٠	١٧٥٠ – ٣٥٠٠	٣١٥ – ٤٠٠
٤٠٠	٢٠٠٠ – ٤٠٠٠	

فى النهاية نرى ان صيانة السكاكين لاتقل اهمية عن صيانة القواطع لانها جزء اساسى فى الدوائر الكهربية ويجب المرور عليها بصفة دورية تبعا للتخطيط الصيانى وتنفيذ البرامج الصيانية لها بكل حزم خصوصا اذا ما زاد العدد التلقائى للفصل على قصر وهو الامر الاكثر احتمالية فى شبكات التوزيع لانه معرض للتعامل مع غير المتخصصين وهو ما قد يؤدى الى الدمار احيانا فالصيانة محورا استراتيجيا للقضاء على اخطاء المستهلكين وتقع مسئوليتها على عاتق المهندس المتخصص كما يعرض (الجدول رقم ١١–٢٠) البيانات الفنية الخاصة بضبط الوقاية التخصصية على القواطع لعدد من المفاتيح المتداولة.

جدول رقم ١١ ـ ٢٠: بيانات ضبط الوقاية التخصصية على القواطع

نـــوع الوقايــة	التيـــــار المقنن (أمبير)			
زيادة حمل حرارى (أ)	٤٠٠ ٢٤٠ – ٤٠٠	٨٠٠ ٣٢٠ – ٨٠٠	٢٤٠٠ ١٤٤٠ – ٢٤٠٠	٤٠٠٠ ٢٤٠٠ – ٤٠٠٠
تيار قصر مغناطيسى (ك.أ)	١,٢ – ٢,٤ ٢,٤ – ٥,٦	٢,٤ – ٥,٦ ٣,٨ – ٨,٨	٤,٨ – ١٤,٤ ٩,٦ – ٢٨,٨	٨ – ٢٤ ١٦ – ٤٨
تيار القصر (ك.أ)	١,٢ – ٢,٤ ٢,٤ – ٥,٦	٢,٤ – ٥,٦ ٣,٨ – ٨,٨	٤,٨ – ١٤,٤	٨ – ٢٤
شدة التذبذب (هيرتز)	٥٠	٥٠	٥٠ – ٦٠	٥٠ – ٦٠
المدى الزمنى للفصل (ثانية)	٠,١ – ٠,٢ – ٠,٣ – ٠,٤ / ٠,١ – ٠,٢٥ – ٠,٧٥ – ١			

الفصل الثانى عشر

التكهرب



التكهرب Electrization

تمثل عملية التكهرب الحدث المفاجيء اثناء الانهماك فى عمل معين مثل حادثة التصادم المرورى فى الطريق ويمكن ان يكون المتكهرب متنبها لاحتمال حدوث التكهرب اولا وهذا يعتمد على مستوى الادراك والوعى لدى الشخص محل الحديث ويجدر بنا ان نوضح انه يوجد اختلافا واضحا بين الحالتين ففى حالة المنتبة لاحتمال التكهرب نرى امكانية لسرعة رد الفعل اذا ما ظهرت حالة التكهرب وقد يكون الفعل الاساسى مستعدا لهذا الرد الذاتى بينما تمثل الحالة الاخرى انسياقا وراء المجهول وقد يستسلم الفرد للدائرة الكهربية دون أى انفعال نتيجة المفأجاة او عدم توخى الحذر المسبق وتكون الاضرار اكبر واوسع نطاقا وهو فى الحقيقة امرا حيويا ويحتاج الى المزيد من التفصيل والايضاح خصوصا لدى مهندسى الكهرباء حيث ان مقررات التدريس الجامعية غالبا ما تتفادى هذه النقاط لكثرة الموضوعات الهندسية على مدار الفترة الجامعية ولذلك نفرد هذا الباب من اجل دراسة وتفهم الامور الهندسية المتعلقة بعملية التكهرب خصوصا مع الحصر الاحصائى للحوادث الكهربية على مستوى العالم وتبعا لما هو منشور من بيانات رسمية وبحثية املا فى التوصل الى جوهر المشكلة من اجل حماية الفرد قبل التكهرب والاستعانة بالوسائل الهندسية الضرورية لوقايتة من ذلك وهو ما سوف نخصص له الفصل التالى من هذا الكتيب.

١٢ – ١ : الحوادث الكهربية Electrization Accidents

تندرج الحوادث الكهربية المعنى بها هذا الجزء تلك الحوادث ذات العلاقة بالدائرة الكهربية وهو جزء صغير جدا بين الحوادث عموما فى مجملها كما هو مبين فى (الشكل رقم ١٢–١) حيث يعطى توزيعا كروكيا لتنويع الحوادث وبينها تلك الكهربية حيث نحدد محور الموضوع وحجمه فى الوسط العام للحوادث وبالرغم من صغر حجم هذه النوعية الا انها تختص بطابع يختلف عن البقية تماما وتمثل الخطورة القصوى بين الجميع وتعطى المثل الهام كى نهتم بالحوادث ليست الكهربية فحسب بل كل الانواع.

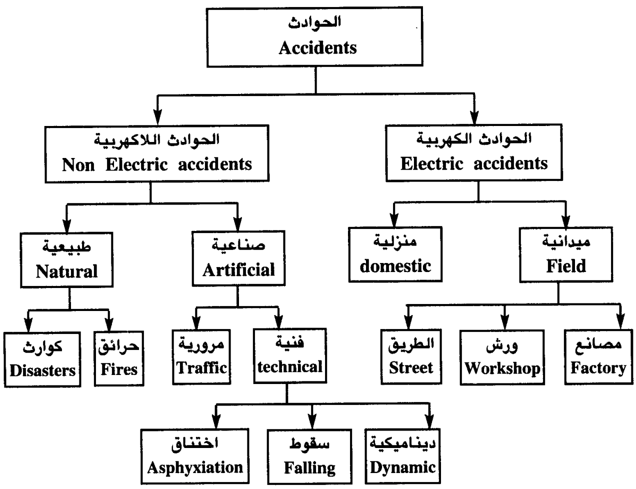
كما انه يمكن تقسيم الحوادث الكهربية الى خمسة مستويات هى :

١– حوادث قاتلة ومميتة Fatal injuries

تمثل حالة التكهرب التى تؤدى الى الموت سواء لحظيا ام بعد فترة العلاج او اثنائها وهى اقصى الحالات اضرار لانها تصل بالمصاب الى حالة الدمار الصحى ومعه تنتهى الحياه والمصاب Fictim قد لا يعى ما يحدث او يكون حتى مدركا لمن حولة.

٢– حوادث خطيرة غير قاتلة Non Fatal But Dangerous Accidents

تمثل الحالات التى قد تؤدى الى عجز بكافة انواعه والتى تضر بالمصاب فعلا دون النيل من حياته ولكنه عادة ما يعود بشيء من الاختلاف ولو فى المظهر العام احيانا وقد تؤثر بشكل ما على الانسجة Tissue او قد تتسبب فى حالات مثيرة من الناحية الطبية مثل



الشكل رقم ١٢ ـ ١: تصنيف الحوادث من الناحية الكهربية

التشنج المستقبلى Convulsion وغير ذلك من المظاهر المرضية والتى قد تعالج مع الزمن .

٣- حوادث متوسطة Bad injuries

تمثل الحالة التى يتعرض فيها المصاب الى التكهرب دون الحاق الاذى طويل المدى به وهو من يتلقى العلاج والاسعافات الاولية وتنجح معه فيعود بسلامة الله الى حالته العادية السابقة دون ادنى تغيير.

٤- حوادث بسيطة Minor injuries

هذة النوعية عادة لا يتم تسجيلها جميعا بل جزءا بسيطا منها ولهذا لا يمكن حصرها فى أى مكان مهما كانت هناك من قواعد او قوانين لانه عادة ما يتكهرب الفرد ولا يعتنى بالامر بل لا يكترث به فى اغلب الاحيان وما يسجل منها فهو قليل نسبة الى الواقع خصوصا وان مثل هذا المتكهرب لا يتلقى أى نوع من العلاج لانها مسألة هينة ومقبولة.

من الصعب التحليل الدقيق والتام للاصابات الكهربية الطارئة Incidental وتأثيرها بشكل قاطع لانها متقلبة الطابع Versatile مما يدعونا الى بذل الجهد ومزيداً من البحث والدراسة

كما يعتبر اسلوب المحاكاة Simulation Technique طريقة مميزة للتحليل لانه سهل التطبيق على الحيوانات وباستخدام تيارات قليلة القيمة وجهد متدنى للملاحظة بفترات

سواء كانت طويلة او قصيرة بالرغم من أن هذه التجارب مازالت معقدة ومازال الجدال حولها عنيفا ولكنها تجارب اساسية للحصول على المعاملات المؤثرة فى عملية التكهرب وقد تم حصر العديد من الاحصائيات على المستوى الدولى وبالرغم من ان بعضها يتعارض معا الا انها مفيدة لنا لادراك العديد من النقاط التى تغيب عن مهندس الكهرباء فى الكثير من الاحيان فنرى فى (الجدول رقم ١٢–١) حصرا لمتوسط الحوادث سنويا فى بعض البلدان بشكل احصائي وبقيمة متوسطة لفترات طويلة تصل الى سبع سنوات فى بعض القراءات وجدير بالذكر ان ٩٠٪ من هذه الحوادث على عكس المتوقع قد حدث عند الجهد التوزيعى المنخفض ويظهر ذلك من الاحصاء

جدول رقم ١٢ ـ ١: المعدل المتوسط للحوادث الكهربية سنويا فى الدول الكبرى

الدولــة	عدد الحوادث لكل مليار (ك . و . س)	عدد الحوادث لكل دقيقة	اصابة مميتة فى الصناعة فقط	العد الكلى	نسبة الاصابات الكهربية الي المميتة
انجلترا	٠,٧	٣,٢	٣٦,٦	١٢٥,٧٥	١٧,٧٧٥
النمسا	٩,٤٤	٩,٩	١٨,٦	٧٤,١٦٦	٧,٩٣٣
بلجيكا	٥,٣٣	٣,١٣٣	٩	٢٩,٣٣	٦,٥
المانيا الغربية	٤,٧	٥,٥٢	--	٣٠٤	١٧,٩
امريكا	٢,٢	٧,٢٣٣	--	٩٦١,٥	١١,٦
سويسرا	٢,٧٥٧	٥,٠٧	٢٠,٨	٢٧,٧١	١٠,٥٥

الزمنى طويل المدى لعدد الاصابات الكهربية فى موقع محدد مع تقسيمها الى ثلاث مستويات تبعا لنوع الاصابة وهى المبينة فى (الجدول رقم ١٢–٢) حيث نرى الاعداد الخاصة بالحوادث

جدول رقم ١٢ ـ ٢: احصائية لعدد الاصابات الكهربية

جهد التكهرب (ف)	عدد اصابه مميته	عدد العجز المؤقت	عدد الصدمات كهربيا	اجمالى الاصابات
٢٥ واقل	١٣	–	–	١٣
٢٥ – ٥٠	٢١	٣٤	١٠١	١٥٦
٥١ – ١٠٠	٢٧	٧٣	١٨٢	٢٨٢
١٠١ – ١٥٠	٥٧	١٩٠	٤٩٠	٧٣٧
١٥١ – ٢٠٠	٤٢	٢٣٠	٣٢٠	٥٩٢
٢٠١ – ٢٥٠	١٣	٨٦	١٨٩	٢٨٨
٢٥١ – ٣٠٠	٤	٢٠	١٣	٣٧
٣٥١ – ٥٠٠	٨	٧	٦	٢١
٥٠١ وأكثر	١٢	٢٠	٦	٣٨
الاجمالى	١٩٧	٦٦٠	١٣٠٧	٢١٦٤

الكهربية والتى تم تسجيلها فعلا خلال فترة زمنية طويلة وصلت الى ٣٠ سنه.

كما يظهر من الارقام الواردة فى هذا الجدول نجد ان مجموع الحالات المصابة كهربيا يصل الى ٢١٦٤ حالة وقد تباينت الارقام بين الحالات المختلفه بل على الجهود الكهربية المختلفة ومن المثير ان عدد الاصابات عند الارتفاع بالجهد يقل بشكل جلى ولذلك سوف نلجأ لتحويل هذه القراءات الى نسبة مئوية لمزيد من الفهم والتحليل وهو محور اهتمامنا فى هذا الفصل وهو ما يقدمه (الجدول رقم ١٢–٣) بالنسبة المئوية لكل نوعية على حده ثم النسبة المئوية لمجموع

الحالات معا.

يتضح من هذا الجدول ان النسبة المئوية للحوادث الكهربية على الجهد اعلى من ٥٠٠فولت منعدم تقريبا حيث ان الحوادث البسيطة لاتذكر ولكن الحوادث المميتة تصل الى٦,١% وهو ما نتقبله علميا حيث ان الحوادث هنا تكون اقرب الى الخطر بينما الحالات الاخرى جميعا لم تصل الى هذه النسبة مجموعة معا وهذا يشير الى ان الحوادث على الجهد اعلى من التوزيع هى حوادث خطرة

جدول رقم ١٢ ـ ٣: النسبة المئوية للحوادث الكهربية

جهد التكهرب (ف)	عدد اصابه مميته	عدد العجز المؤقت	عدد الصدمات كهربيا	اجمالى الاصابات
٢٥ واقل	٦,٦	–	–	٠,٦
٢٥ – ٥٠	١٠,٧	٥,١	٧,٧	٧,٢٢
٥١ – ١٠٠	١٣,٧	١١,١	١٣,٩	١٣,٠٣
١٠١ – ١٥٠	٢٨,٩	٢٨,٨	٣٧,٥	٣٤,٠٥
١٥١ – ٢٠٠	٢١,٣	٣٤,٩	٢٤,٥	٢٧,٣٥٧
٢٠١ – ٢٥٠	٦,٦	١٣	١٤,٤	١٣,٣٠٨
٢٥١ – ٣٥٠	٢	٣	١	١,٧٠٩
٣٥١ – ٥٠٠	٤,١	١,١	٠,٥	٠,٩٧
٥٠١ وأكثر	٦,١	٣	٠,٥	١,٧٥٦
الاجمالى	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠

بالرغم من قلة حدوثها بينما على النقيض نجد ان الجهد المنخفض يحصل على القطاع الاكبر من هذه الحوادث وهو الامر الذى يؤكده الجدول رقم ١٢–٤ والذى يحصر عدد الحوادث فى الحد

جدول رقم ١٢ ـ ٤: النسبة المئوية للحوادث مع حدود الجهد الاعلى مقسما الى نوعيات الاصابة

جهد التكهرب (ف)	اصابه مميته	عجز مؤقت	صدمة كهربية	اجمالى
٥٠ واقل	١٧,٢٥	٥,١٥	٧,٧٢٧	٧,٨٠٩
١٠٠ واقل	٣٠,٩٦	١٦,٢١	٢١,٦٥	٢٠,٨٤
٢٠٠ واقل	٨١,٢١	٧٩,٨٤٨	٨٣,٦٢٦	٨٢,٢٥٥
٥٠٠ واقل	٩٣,٩	٩٦,٩٦٩	٩٩,٥٤	٩٨,٢٤
اكثر من ٥٠٠	٦,٠٩	٣,٠٣	٠,٤٦	١,٧٥٦
الاجمالى	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠

الجهدى المبين بالنسبة المئوية والمستخلصة من القراءات السابقة.

هكذا نرى ان عدد الاصابات على وجه العموم يزيد عن ٨٢٪ للحوادث على الجهد ٢٠٠ فولت واقل بينما تلك على الجهد اعلى من ٥٠٠ فولت لم تتعدى ٢٪ وهو المؤشر الخطير لنا فى هذا الكتيب حيث اننا نعمل على الجهد المنخفض بلا اكتراث بينما هذه الجهود هى المسببة للحالات الخطرة والمميتة التى وصلت الى أكثر من ٨٠٪ وهذا يعطى الاهتمام لما نقدمه هنا من بيانات وتحليل فى هذا الصدد.

وبمزيد من التركيز يتضح ان النسبة الكبرى من الاصابات تحدث بين هؤلاء الافراد المتعاملين

بصفة مستمرة مع التيار الكهربى وقد يبين (الجدول رقم ١٢-٥) البيان الاحصائى الاجمالى الاصابات الكهربية تبعا للتصنيف المهنى سواء كان للتيار المستمر او المتردد وهو ما يعكس الاهمية خصوصا وان الارتفاع الواضح فى الاصابات يأتى من عمال البناء والتركيبات الكهربية حيث الحاجة الى التوصيلات المؤقتة والتى تخالف المواصفات او التقنيات ودرجات الامان الكهربى المطلوب توافرها وبالتالى يعكس حالات التكهرب مع أى ظرف مفاجىء او عابر.
من هنا يظهر ان الاصابات تقاربت بين المتخصصين وغيرهم ولكنها تزيد فى غير المتخصص

جدول رقم ١٢ ـ ٥: الاصابات الكهربية تبعا للتصنيف المهنى

قطاع المهنة	التخصص	النسبة المئوية للمصابين (٪)	الاجمالى (٪)
كهربائين	فنييون	٣٣	٤١,٢
	لحامين	٢,٣	
	وناشين	١,٣	
	عمال كهرباء	٢,٤	
	عمال سفن	٠,٧	
	مهندسى الكهرباء	٢,٥	
غير كهربائين	عمال تركيبات وتجميع	١١,٢	٥٨,٨
	عمال بناء	١٥,٤	
	عمال حفر وزراعة	٢٠,٢	
	حمالين وعتالين	٥,٦	
	مهندسى صيانة وموظفون	٦,٤	
الاجمالى		١٠٠	١٠٠

إما لوعى المتخصص أو عدم ادراك غير المتخصص وفى جميع الاحوال لايقف الامر عند هذا الحد بل يجب ان يدرس الموضوع برمته فنجد (الجدول رقم ١٢-٦) يجدول العدد النوعى للاصابات بالنسبة المئوية فى كل من روسيا وانجلترا من حيث نوع الاجهزة المسببة للاصابات الكهربية.
هذه النتائج تشير بجلاء الى تعاظم التكهرب من خلال الاسلاك والكابلات والخطوط العابرة والتى يكون متعرضا لها الانسان بكثرة ففى وسائل الانتقال وفى الطرق وفى العمل وفى البيت اذا ما ظهرت حالات طارئة تحتاج الى نقل كهربى مؤقت اضافة الى المحركات الكهربية التى تستهلك نسبة عالية فى هذا المجال كما ان هذه الاصابات تتنوع طبقا لنوعية الاتصال البشرى مع الدائرة الكهربية وهو من اهم عناصر مستوى الاصابة حيث الاصابة المباشرة او الثانوية ويقدم (الجدول رقم ١٢-٧) الاحصائية الشاملة للاصابات تبعا للاتصال البشرى مع الدوائر الكهربية.
يظهر جليا الان ان الاتصال الكهربى المباشر هو الاكثر شيوعا بين الباقى بينما جهدى التلامس والخطوة اقل من النصف بالنسبة لهذا الاتصال المباشر ولذلك يلزم باستمرار توعية العاملين فى الجوار مع الدوائر الكهربية بل ويجب تدريبهم للتذكرة المستمرة حتى لاتقع مثل هذه النسبة الهائلة من الحوادث.

جدول رقم ١٢ ـ ٦: تصنيف الاصابات الكهربية لنوع الاجهزة المتسببة فى التكهرب

النوع العام	الجهاز	فى روسيا	فى انجلترا
معدات	خطوط كهرباء ثابتة ومؤقتة كابلات واسلاك تحت ارضية وسائل نقل كهربية اجمالى	٢٩,٤ ١٢,٩ ٧,٤ ٤٩,٧	 ٣٤,٤
محركات	شاملة البادىء والتحكم	٢٢,٢	٢٢,٣
أجهزة خدمية	اجهزة لحام وتوصيلاتها مجموعات تردد عالى أوناش واجهزة رفع عدد بوصلات مؤقتة	٨,١ ١,٥ ٤,٨ ٣,٣	٢٢,٩ – ٤ ٥
اضاءة	ثابتة ومتنقلة	٩,٤	٨,٩
اسباب أخرى		١	٢,٥
الاجمالى		١٠٠	١٠٠

هكذا يبين اهمية الحصر الكامل للحوادث الفعلية الكهربية بمصر خصوصا تلك التى لايهتم بها الافراد والتى يعتبرها البعض حوادث بسيطة كما يجب اتخاذ الاجراءات المساعدة لاداء هذا الحصر حيث ان المتخصصين يخفون Concealed غالبا هذه الحالات عن الادارة التابعين لها خوفا من العقاب الادارى اضافة الى ان غير المتخصصين يهملون هذا الجانب ولايسجلونه اما حرصا على الوقت او خوفا من المساءلة علاوة على حالة التكهرب الوقتى والذى يتحمله الفرد ولايعتبر حادثا وتنتهى القصة بالنسبة للفرد بينما لها من الاهمية اكثر مما يتصور البعض ولذلك يجب التغلب على هذه العيوب بقدر الامكان ويمكن تحقيق هذا التسجيل الحصرى من خلال النقاط الاساسية كما يلى:

جدول رقم ١٢ ـ ٧: تنويع التكهرب تبعا لطريقة الاتصال البشرى مع الدائرة الكهربية

السبب العام	نوعية الاتصال البشرى	عدد الاصابات	الاجمالى
مباشر مع سلك عارى	تلامس مباشر اثناء تداول الاسلاك توصيل خاطىء على عاملين	٣١,٦ ٢,٧ ٢٥,٦	٥٩,٩
جهد التلامس	تلامس جسم غير مؤرض انهيار حاد للعزل مقاومة تأريض كبيرة عدم التأريض	٢٠,٢ ٤ ٠,٥٥ ٠,٠٥	٢٤,٨
اتصال مزدوج	مع عازل تكهرب معدنيا	١١,٧	
جهد الخطوة	تلامس بحائط او ارض تكهربت (او خطأ عزل)	٢,٤	
شرارة كهربية	عند فصل الاجهزة	١,٢	
الاجمالى		١٠٠	١٠٠

١- توحيد شكل التقرير عن الحادث الكهربى موضحا به البيانات الاساسية وقت الحادث.

٢- وضع نظم المحاكاة للاوضاع الخطرة Hazadrous Situations

٣- تحرير امر شغل موحد للتعامل مع الدوائر الكهربية بكافة انواعها.

٤- تدوين حالات التكهرب فى العمل حصرا شاملا زمانيا ومكانيا مع عدم المساءلة فى الحالات البسيطة والتى عادة لا يتم الاخطاء عنها كنوع من التشجيع على اتمام عمليات الحصر المطلوب.

٥- اعداد برامج توعية من خلال وسائل الاعلام على المستوى العام.

٢-١٢ : الخواص الكهربية Electric Characteristics

يقصد بالخواص الكهربية تلك الصفات والمواصفات المصاحبة لعملية التكهرب عموما او غيرها التى تختص بنوع معين من الحوادث وهناك العديد من هذه الصفات ومنها ما يدخل فى نطاق المعاملات الاساسية فى الدوائر الكهربية من جهد وتيار وقدرة ومنها تلك التى يعتمد عليها أى من هذه المعاملات مثل التردد او معامل القدرة الى غيرها من الخواص الهامة وهناك المزيد فى هذا الصدد وهو ما سوف نتناوله فى الفقرات التالية من هذا الفصل وما يليه الا اننا هنا فى هذا البند سوف نقوم بالتركيز على محاور هامة مثل:

١- نوعية التيار Current Type

٢- مستوى الخطورة Hazardous Level

٣- مسار التكهرب Electrized Current Path

٤- زمن التكهرب Electrized Duration

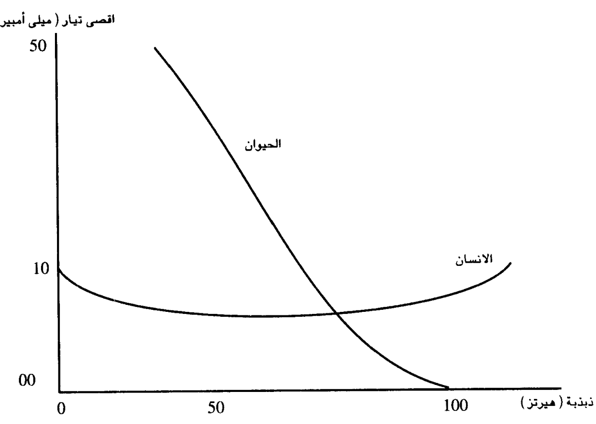
٥- المجال الكهربى والمغناطيسى Electric & Magnetic Field

٦- مؤثرات اخرى Others

هذه المحاور الستة تمثل اساسا لفهم واستيعاب عملية التكهرب بقدر ما هو متاح من اختبارات وبيانات احصائية ولذلك نتناولها بتفصيل اكثر ففى الحالة الاولى وهى التى تخص نوعية التيار والذى يتغير من تيار مستمر او تيار متردد بالذبذبة الصناعية او التجارية الى التيار الوميضى والذى يظهر مع حالات الصعق الكهربى او فى معامل الاختبارات فنجد العلاقة بين التردد وقيمة الحد الخطر للمرور التيارى فى جسم الانسان او الحيوان تبعا للاختبارات التى تمت فى هذا الشأن فى بعض الابحاث المنشورة فى هذا المجال وهى المبينة فى الشكل رقم ١٢-٢ حيث نجد ان التيار الاقصى المؤثر على الانسان اقل بكثير عن الحيوان كما ان التغير الادائى قدرة تحمل الانسان تختلف بشكل مغاير للحيوان على المدى الذبذبى من الاقتراب من التيار المستمر وحتى الذبذبة الاعلى عن التردد الصناعى وهو ٥٠ هيرتز ويرجع ذلك العلماء الى ان الجسم البشرى ذات صفات

حيوية مميزة عن غيره من الكائنات الاخرى كما خلقنا الله سبحانه ولنحمد الله على نعمته هذه ايضا.

اما بالنسبة لمستويات الخطورة فقد تحدد من جانب الغالبية العظمى من العلماء قيمة ١٠٠ ميلى أمبير حدا خطرا على الانسان بل ويعتبره الكثيرون الحد المميت Fatal Limit وفى النهاية اتفق الغالبية على تنويع وتقسيم حدود الخطورة الى اربع مستويات كما وردت فى (الجدول رقم ١٢-٨) حيث شمل الجدول ايضا على بيانات احصائية لعدد الحالات المميتة Lethal cases فى كل مستوى مع البيان الواضح للتأثير الطبى على الانسان فى كل منها.



الشكل رقم ١٢ ـ ٢: تأثير التردد الكهربى على قدرة الانسان والحيوان على تحمل مرور التيار الكهربى

جدير بالذكر ان الحالات عالية الخطورة لم تختبر فى المعمل ولذلك لم يتم ايجاد الحدود الاختبارية بينما تم حصر هذه الحالات احصائيا من خلال ٧٦٧ حالة دخلت فى هذه الدراسة من خلال البيانات التى توفرت وهذا التأثير للتيار المتردد بذبذبة صناعية بينما حدود التيار الوميضى لا يتعدى عددا من الملى امبير لفترة ومضية ٠,٨حتى ٦٠ ميكروثانية ومرور التيار بجسم الانسان يتعلق من الناحية الاساسية بالخواص والصفات البيولوجية (الحيوية) وهذا التيار عموما يتسبب عند مروره بالمعادن فى :

١- الاحتراق

٢- كسر القوة الكهروديناميكية

٣- تأكسد الاطراف المعدنية

ولكنه يختلف فى التأثير على الانسان فيكون تأثيره هو:

١- الانقباض لمرور التيار فى العضلات

٢- صعوبة التنفس

٣- الصدمة العصبية

٤- شلل لحظى للجهاز العصبى والمخ

جدول رقم ١٢ ـ ٨: مستويات الخطورة فى التكهرب البشرى

المستوى الخطورة	الحدود (ميلى أ)	التأثير	القيمة الاختبارية	عدد الحالات المميتة	النسبة المئوية ٪
الاول	اقل من ٢٥ميلى أمبير	تيار لاسع irritating current تاثير عضلى Vigorous muscle بدء التشنج Convulsion Onset تشنج وتجمد Freezing	٠,١ - ١,٦ ٠,٨ - ٢,٤ ٤,٥ ٩ - ١٥ ١٩ - ٢٢ (٣٠)	١٣٤	١٧,٤٧
الثانى	٢٥ - ٨٠ ميلى آمبير	فقدان الوعى Losing consciousness	٢٢ - ٥٠	٢٦٤	٣٤,٤٢
الثالث	٨٠م.أ -٣آمبير	انقباض عضلى للبطن Ventricular Fibrillation	١٠٠	٢٢٦	٢٨,٨١
الرابع	٣ - ٨ آمبير	تشنج دائم /انكماش عضلى /اختناق Asphyxiation	-	١٤٨	١٩,٢٩٥
الاجمالى				٧٦٧	١٠٠

٥- ارتباك الدورة الدموية (حركة القلب)

وبالرغم من تحديد هذه المستويات الا انه هناك حالات ادنى عن المستوى الاول وقد تم حصرها بالنسبة الى الرجال وقد حصل العلماء على النتائج الواردة فى (الجدول رقم ١٢-٩) للتيارات القليلة والتى تبدأ من قيمة ٥ ميلى أمبير وتتدرج ارتفاعا الى قيمة ٢٠ ميلى أمبير وقد تم جمع بقية الحالات التى تعلو عن ذلك فى بند واحد وهو السطر الاخير من الجدول.

جدول رقم ١٢ ـ ٩: حصر نتائج الحوادث على الرجال عند التيارات القليلة

التيار (ميلى امبير)	النسبه المئوية للحوادث (٪)
اقل من٥	١٨
من٥ الى ١٠	٢٤
من١١ الى ٢٠	٣٢
اكثر من ٢٠	٢٦
الاجمالى	١٠٠

من هذه القراءات نرى ان الغالبية العظمى من هذا الحصر يشمل الحوادث عند التيارات بين ٥ و ٢٠ ميلى امبير وبالرغم من ان هذه القيم بسيطة لان التاثيرات تختلف من شخص الى اخر بل يصل الاختلاف لنفس الشخص تبعا لحالته النفسيه والمزاجية او حتى الحاله الصحيه الى العديد من الاسباب والصفات التى تخص المنظومه البشريه وما تتميز به عن بقية الكائنات الحيه اما بالنسبه لموضوع المسار التيارى فى جسم الانسان فهو متباين كما يوضح ذلك (الجدول رقم ١٢–١٠) من حيث الحصر الشامل لعدد ١٦٠٠ حاله احصائيا محددا لها التنويع الحادث للتكهرب وأطراف التكهرب التلامسيه.

جدول رقم ١٢ ـ ١٠: بيان احصائي لحالات التكهرب

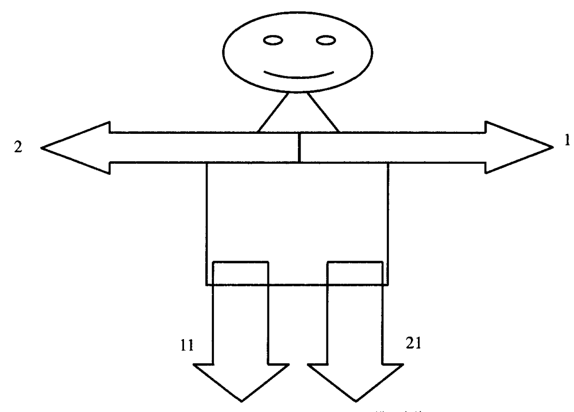
طرفى التكهرب	عدد حالة مميتة	مميتة ٪	عدد صدمات	صدمة ٪	اجمالى العدد	اجمالى مئوى
كتف – كف	٨٤	٢٨	١٣٠	١٠	٢١٤	١٣.٣٧٥
كتف – ساقين	٧٥	٢٥	١٤٣	١١	٢١٨	١٣.٦٢٥
يدين – ساقين	٤١	١٧	٣٧٧	٢٩	٤١٨	٢٦.١٢٥
يد – يد	٣٣	١١	٣٣٨	٢٦	٣٧١	٢٣.١٨٧٥
ركبة – ظهر	١٥	٥	٢٦	٢	٤١	٢.٥٦٢٥
طرفى كف	٣	١	١٨٢	١٤	١٨٥	٦.٣٧٥
وجه / ساق	٢٤	٨	٧٨	٦	١٠٢	٢.٥٦٢٥
اسباب اخرى	١٥	٥	٢٦	٢	٤١	
الاجمالى	٣٠٠	١٠٠	١٣٠٠	١٠٠	١٦٠٠	١٠٠

تشير الخبرة العملية الى ان غالبية حالات التكهرب يتم اثناء تغيير المصهرات بينما الحالات المميتة فى الاصابات الكهربية تأتى مع مرور التيار الكهربى فى المخ hesd او الصدر Chest او المعده stomach الخ .

عن المجال سواء الكهربى او المغناطيسى فقد تحير العلماء فى اسباب الوفاه او التأثيرات الضارة جدا على جسم الانسان ولم يستطيع أى منهم ارجاع الاسباب الى الجهد او التيار فقط بل بحثوا فى اشياء وادوات اخرى خصوصا وانه هناك الكثير من الاصابات المميتة والتى كان فيها التيار قليل وايضا الجهد فقد قام بعضا منهم ببحث المجال الكهربى وتأثيره على الانسان وتوصلوا الى ان شدة المجال الكهربى بين ١٢٠ والقيمة ١٥٠فولت / متر تمثل زوبعة عاصفة فى جسم الانسان بل ان الزمن ومدة تعرض الانسان للمجال لها من التأثير ولكنه هنا تأثير ايجابى حيث ان الانسان الذى يتعرض يوميا ولمده ١٥–٢٠ يوم يكون قادرا على مقاومة التكهرب أكثر عن الاخر الذى لم يتعرض على الاطلاق وقد ارجع العلماء المتخصصين ذلك الى قدرة الجسم بالتعود على زيادة مقاومة الجسم لنقص كميات الاوكسوجين اللازمة للتنفس ومن ثم يستطيع الصمود فى الاوقات العصيبة اكثر.

اما بالنسبة للمجال المغناطيسى ومراجعة المغناطيسية الارضية والمعروفة باسم العاصفة المغناطيسية Magnetic Storm وما للطاقة الشمسية من تأثير وبالتالى على مستوى النشاط

البشرى على البسيطة سلبا وقد تبينوا ان التيار الكهربى بقدر ٨٢,٢ ميلى أمبير يتسبب فى التشنج العصبى بينما يقل هذا التيار الى ٦١,٨ ميلى أمبير فى الصيف وهذا بدوره يشير الى ان درجة حرارة الهواء الجوى ذات تأثير على عملية التكهرب وهناك العديد من الاراء حيث حدد البعض تواجد الجروح فى اليد Vulnerable Place Of Hands والتى تصل الى ٢-٣ مم نتيجة للتكهرب كما توصل البعض الى ان ٩٠٪ من اجمالى الحوادث الكهربية ياتى عن طريق التلامس بالايدى او احدهما. يمكننا تقسيم المسارات التيارية الى عددا متنوعا من المسارات فى خمس مجموعات بيانها كما يلى حيث جاء فى (الشكل رقم ١٢-٣) المسار الخاص بالمجموعة الاولى وهو ما يعرف باسم الاتصال القطرى تبعا للتقسيم التالى:



الشكل رقم ١٢ ـ ٣: مسارات التيار الكهربى بالجسم البشرى

المجموعة الاولى : الاتصال القطرى Diagonal Connection

فى هذه النوعية يتم الاتصال البشرى بين احد اليدين مع القدم المواجهة فى الناحية الاخرى أى اليد اليمنى والقدم اليسرى او اليد اليسرى والقدم اليمنى وهو المبين على الرسم بالرقم ١١-١ أو ٢-٢١ وهما احتمالان وكثيرا ما يحدث مثل هذا النوع من الاتصال الا انه لا يمثل الاكثر شيوعا ويأخذ الجسم كامل المقاومة فى مثل هذه الحالة.

المجموعة الثانية : الاتصال الطولى Longitudinal Connection

يختلف النوع الاتصالى هنا عن السابق فى ان الاتصال الكهربى يحدث على جانب واحد من الجسم ويعبر كامل الجسم فيكون اليد اليمنى مع القدم اليمنى دون المرور المباشر

على القلب او اليد اليسرى مع القدم الشمالية ويعبر هذا التيار مباشرة فى القلب وهو من اخطر المواقع البشرية تأثرا بالتيار الكهربى وهو ما يمثل بالمسارين ١-٢١ أو ٢-١١ كما هو مبين على (الشكل رقم ١٢-٣) .

المجموعة الثالثة : الاتصال العرضى Cross Connection

ذلك النوع يمكن ان يعرف بمرور التيار النصفى أى ان التيار يمر فقط بنصف الجسم اما الجزء العلوى عرضيا ويمثله المسار الرقم ١-٢ أو المسار السفلى العرضى والمحدد بالمسار رقم ١١-٢١ كما فى الشكل رقم ١٢-٣ وتكون المقاومة اقل من تلك فى الحالتين السابقتين وهذا النوع الاكثر شيوعا خصوصا ذلك المرور العلوى.

المجموعة الرابعة : الاتصال البقعى Spot Connection

فى هذه المجموعة ينشأ العديد من الاحتمالات المسارية فمن الممكن ان يتم الاتصال فى الكف وحدها والكف مع ظهر اليد او الكف مع الكتف او الكوع وكذلك مع القدم وذاته او الساق سواء كان الاتصال بين كامل الساق او خلال جزءا صغيرا منها سواء شمل اعلى الفخذ او لا او يأتى اخطر الانواع البقعية وهى الاتصال مع الوجه او الرأس ويحمينا من هـذه النوعية ارتداء خوذة الرأس حيث تحمى الانسان من الاحتمال المفاجىء للاتصال الكهربى كما هناك الاحتمالات الكبيرة للاتصال عبر الاذن ايضا ثم اخيرا ذلك النوع من الاتصال غير المتوقع لحركة الانسان والمتمثل فى الاتصال مع ظهر الانسان Back وهو مالم يكن متوقعا لما خلفه وخصوصا مع الانهماك فى العمل ونسيان الاحداثيات حوله.

المجموعة الخامسة : التلامس المزدوج Double Connection

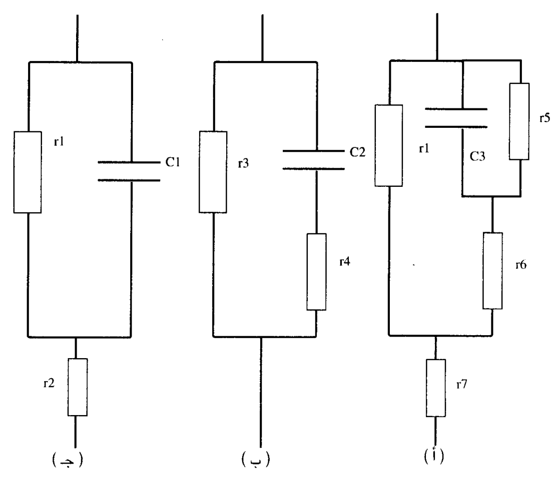
تمثل عملية التكهرب بالاتصال المتعدد سواء كان مزدوجا او ثلاثيا اخطر الحالات حيث تنخفض مقاومة الانسان الى النصف او الثلث وقد يزيد الانخفاض عن ذلك وهى من الحالات الشائعة ايضا وخصوصا مع الفنيين المتخصصين حيث يمسك الفرد بكلتا يدية السلك ويكون الاتصال مباشرا مرورا مع الاقدام او غيرها ولذلك نوصى بصفة دائمة على ضرورة التدريب المستمر للمهندسين والفنيين المتخصصين والمتجاورين مع الاعمال الكهربية خصوصا تلك التى تحت الانشاء حسب الاحصائيات المؤكدة لهذا.

١٢-٣ : الدائرة المكافئة Equivalent Circuit

بما ان التيار الكهربى يمر من خلال الجسم البشرى فلابد من التعرض الى الدائرة المكافئة لجسم الانسان وهى ما كان يظن البعض انها عبارة عن مقاومة الا ان النتائج والخلاصات المتباينة اختلفت فى العديد من النقاط واشتركت فى انه يدخل عددا من المؤثرات فى احتساب المقاومة وفى

الحقيقة نتيجة التباين الشديد بين الحالات المختلفة لا يعقل ان يمثل جسم الانسان بمقاومة كهربية والا كانت هناك قاعدة سهلة الفهم لشرح عمليات التكهرب المختلفة ولذلك وضع العلماء والمتخصصون عددا من اشكال الدوائر الكهربية المكافئة لجسم الانسان كى تساعدهم على التحليل الرياضى للحالات الصعبة حتى يتأكد الفرد منهم من صحة التحليلات والدراسات ويقدم (الشكل رقم ١٢-٤) بعضا من هذه الدوائر المكافئة وليست كلها ومنها يتضح ان جسم الانسان بتفاعل كهربيا ليس كمقاومة بل كعازل كهربى متعدد الدراجات والمراحل حيث ظهر فى البعض مكثف واحد وفى الاخرى اشكالا من التوازى والتوالى فى الاتصال لهذا المكثف الوحيد وفى الحقيقة هذه الاشكال هى الاكثر انتشارا فى المجال وهى جميعها مستخدمة لهذه العمليات المتشابهة غير انها قد تفشل فى كثير من الاحيان عن اعطاء النتائج المتطابقة مع القراءات الفعلية والنتائج المعملية او مع الواقع .

من هذا الرسم نجد ان جسم الانسان يتفاعل كهربيا مثل الممانعة وتتكون من:



الشكل رقم ١٢ ـ ٤: الدائرة المكافئة لجسم الانسان كهربيا

١- مقاومة غير خطية خصوصا وانها تعتمد على :

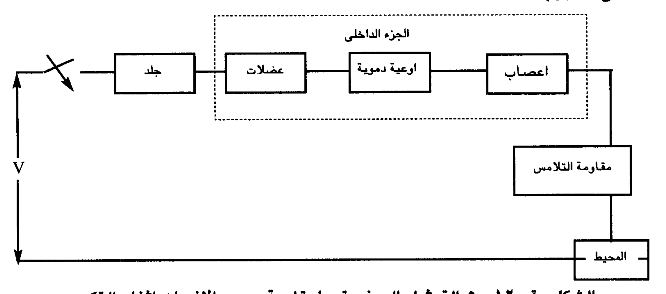
* معاملات طبيعية Physical وتشمل الخواص الطبيعية لمكونات الجسم البشرى والمواد الداخلة فى تكوينه.

* معاملات حيوية biological وتختص بالكائنات الحية المشكلة لاجزاء الجسم البشرى وكيفية الاداء لكل منها . يدخل فى هذا النطاق العملية الخاصة بمقاومة الجسم للتيار الكهربى فى ثلاث اجزاء هى : خلايا الجسم – الانسجة الحية – الجسم بكامله – اداء العضلات وما تنظمه من حركة حياتية فى الجسم ككل.

* معاملات كيميائية chemical وتختص بالنواحى الكيميائية والخواص لحالات التكهرب وما يصاحبها من ظواهر كيميائية.

* معاملات كهربية Electric ويعبر عنها المسار الكهربى خلال جسم الانسان وحالة الجسم كهربيا.

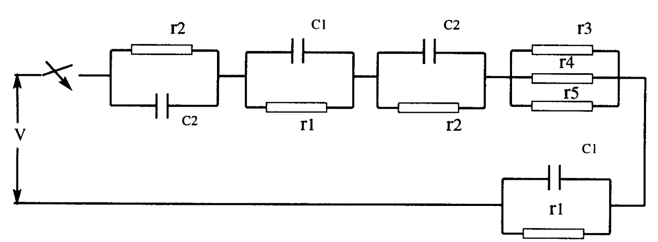
٢– سعة الجسم الكهربية capacitance هى التعبير الطبيعى والكهربى الصحيح للتغير فى قيمة مقاومة الجسم مع التغير الذبذبى على هذا الاساس نرى الشكل الصندوقى لنوعيات المقاومة الكهربية التى تواجة المسار الطبيعى داخل جسم الانسان للتيار المار به اثناء فترة التكهرب وهو فى حالة توصيل متتالى مع اضافة ان هذا الشكل يتعرض الى عملية توصيل مفاجىء أى انتقالى وبالتالى يجب ان نظهر المفتاح الكهربى الذى يبدأ فى التوصيل وهو فى الحقيقة غير متواجد بل وجوده يعبر عن الحالة المكافئة لتوصيل الجسم مع الدائرة الكهربية وهو ما يعطى مفهوما جديدا لمعنى التكهرب.



الشكل رقم ١٢ ـ ٥ التمثيل الصندوقى لمقاومة جسم الانسان اثناء التكهرب

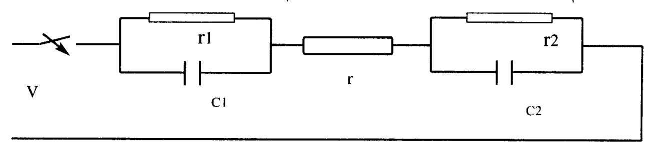
من الناحية الكهربية نستطيع تحويل الشكل المبين فى (الشكل رقم ١٢–٥) الى دائرة كهربية موضحا بها هذه الاجزاء الصندوقية وهو ما نشاهده فى (الشكل رقم ١٢–٦) حيث ظهرت الاجزاء المكافئة كهربيا لكل جزء على حدة وهو ما يؤكد ان تمثيل الجسم البشرى بمقاومة فقط امر غير مقبول ففى الواقع تتداخل القراءات المقاومة للتيار وهو ما يفسر بتواجد السعة وذلك ان جسم الانسان يمثل عازلا كهربيا ولو بدرجة بسيطة وهو ما يعبر عنه بمقاومة مع السعة او تمثيل الجسم

البشرى بعدد من الحلقات المتتالية غير متكررة الطابع فتوفر الفرصة لتفهم الطابع المتقلب لقيمة المقاومة البشرية ضد التكهرب.



الشكل رقم ١٢ ـ ٦: احدى الدوائر التفصيلية المكافئة لجسم الانسان

نرى من هذا الشكل ان الجسم البشرى ممثلا بثلاث نوعيات متتالية لمواكبة التغيرات الحادثة فعلا مـع القـيـاسـات المعمليـة والحصر الاحصـائى لحالات الاصـابـات الكـهـربـيـة وذلك مـعـتـمـدا علـى الاختلاف الطبيعى للمقاومة النوعية لكل جزء داخل الجسم الادمى على حده مثل العضلات او الاوعية الدموية او الجلد او الاعصاب الى غير ذلك من الاجزاء الحيوية فى الاجهزة المختلفة من تنفسية الى هضمية وهكذا ، اما الجزء الرابع فانه يعبر عن الحالة الكهربية للجلد Skin بينما الجزء الخامس يمثل التغيرات الجوية المحيطة بالتكهرب من درجة حرارة او رطوبة وضغط بجانب التلوث البيئى فى الموقع . . . الخ ، ولذلك يمكن تبسيط هذه الدائرة الكهربية الى الشكل الوارد فى (الشكل رقم ١٢-٧) حيث تظهر الدائرة المكافئة للجسم البشرى داخل الدائرة الكهربية.



الشكل رقم ١٢ ـ ٧: الدائرة المكافئة لجسم الانسان فى شكل مبسط

حتى نستطيع تمثيل هذه الدائرة للجسم فعلا كى تدخل فى التحليل العددى لحالة الاتصال الكهربى المفاجىء مثل الحالات المعروفة كهربيا باسم الحالات الانتقالية Transient Conditions فيكون لازما عدداً من الفروض نضعها كما يلى :

١- كل المقاومات والسعات الممثلة لاجزاء الجسم مركزة الطابع وليست بالصفات الانتشارية او التوزيعية خصوصا وان الجسم البشرى لا يدخل فى نطاق الاطوال ذات المعاملات الانتشارية مثل خطوط نقل الطاقة الكهربية .

٢- اهمال قيمة السعة Capacitance المعبرة عن الجسم البشرى داخليا ويكتفى بالمقاومة r المبينة فى (الشكل رقم ١٢-٧) .

٣- اعتبار كل المكونات الكهربية فى الدائرة المكافئة بانها ذات طابع خطى .

٤- اهمال تأثير الجهد الحيوى للخلايا الحيوية والمتولد بهذه الخلايا حيث انه عادة يظهر بمعدل ابطأ من زمن التكهرب والتى لاتتعدى اكثر من عدد صغير من الميكروثانية خصوصا وان التيارات الحيوية تسير بسرعات اقل من ١٠-١٢ متر فى الثانية وبذلك تنتهى عملية التكهرب قبل ظهور الجهود الحيوية.

٥- اعتبار ان السعتين الظاهرتين فى التمثيل الكهربى لجسم الانسان متساويتين أى أن C1=C2 حيث أن السعة C1 تعبرعن سعة الجلد الخارجى الملامس للسلك والسعة C2 تمثل سعة الانسجة الحيوية داخل الجسم .

بناءا على هذه الفروض يمكننا البدء فى تحليل الرياضى مع اعتبار ان التكهرب بالتردد العادى ويكون الجهد المسلط على جسم الانسان فى المجال الزمنى هو :

$$v(t) = V \sin (wt + @) \qquad (12-1)$$

وبالتالى يجب تحويل هذا الجهد الى المجال اللابلاسى للدخول الي عصر الانتقاليات المتناهى فى الصغر ومن جداول لابلاس نحصل على قيمة الجهد التحويلى (اللابلاسى) فى الصورة :

$$V(p) = V (w \cos @ + p \sin @) / (P^2+w^2) \qquad (12-2)$$

ومن ثم نستطيع الحصول على قيمة تحويل لابلاس للتيار المار فى الدائرة أى فى جسم الانسان على النحو التالى :

$$I(p) = (1/p) V \frac{(p^2 \sin @ + p w \cos @)(p c r1 + 1)}{(p^2 + w^2)(p c r1 r_2 + {}_2 r1 + r_2)} \qquad (12-3)$$

ويلزم وضع هذا التعبير الرياضى ليتلائم مع تحويلات لابلاس المدونة فى جدول التحويلات لتصبح على الصورة:

$$I(p) = (1/p) V (M(p) / N(p)) \qquad (12-4)$$

واعتمادا على هذه الصورة المبسطة نستطيع الحصول على التيار الاصلى فى الدائره على المجال الزمنى على النحو :

$$I(t) = I \sin (wt + @ - \emptyset) \, EXP (P_1 t) \{ M(P_1)/p N'(P1) \} \qquad (12-5)$$

حيث ان القيمة الاقصى للتيار والتى ظهرت فى المعادله السابقه تتحدد تبعا للمعادلة :

$$I = V / \sqrt{\{ r_2 +_2 r1 / (1 + (r1 w c)^2\}^2 + \{ 2 r1^2 w c / (1 + (r_1 wc)^2 \}^2} \qquad (12-6)$$

كما ان الزاويه والمعامل اللذان ظهرا فى المعادلة نحصل عليهما من المعادلتين :

$$\tan \emptyset = -2 (r1)^2 \; (w c) / \{ 2 r1 + r2 (1 + (r1 w c)^2) \} \qquad (12-7)$$

$$p1 = -(2 r1 + r2) / (r1 r2 c) \qquad (12-8)$$

وجدير بالذكر ان التجارب المعملية قد اجريت بحثيا واظهرت نتائج الابحاث ان الزاوية هذه تتراوح بين ١٨ و ٤٥ لكل الاحتمالات تبعا للتجارب على الجهد ٣ فولت ٥٠ هيرتز والتى اجريت علي الانسان وهى فى الحقيقة مخالفة لواقع الجهد التوزيعى (٢٢٠فولت) ولكننا لا نستطيع اجراء البحث عند هذا الجهد ومن خلال التجارب تم الحصول على قيمة السعة بالشكل الرياضى المحدد لها وهو :

$$C = \frac{2 T (1 - w T \cot \emptyset)}{r2 (1 + (A - \cot \emptyset)^2)} \qquad (12-9)$$

بينما يتحدد الثابت A من المعادلة

$$A = w T e + \cot \emptyset \qquad (12-10)$$

اما الزمن الثابت للدائرة المعطاه T والمعروف باسم زمن التوهين فانه يقارب ٤٢ ميكروثانية تبعا للنتائج المعملية بينما قيمة السعة فتصل الى ٠,٠٤٢٥ ميكروفاراد اما القيمة e والتى تمثل العزل الكهربى فتعادل القيمة النسبية بقدر ٩٥ من القيمة المطلقة وعلى هذا الاساس نصل الى قيمة المقاومة من المعادلة :

$$r1 = \frac{- r2 \{ 1 + (A - \cot \emptyset)^2 \}}{2 w T \quad A} \qquad (12-11)$$

هى تعادل القيمة العددية ٤٣,٨ كيلو أوم ومع اعتبار هذه القيم التى استنتجت يتم الحصول على التيار مع اعتبار التوصيل التكهربى عند لحظة القمة وهذا التيار يتبع رياضيا المعادلة :

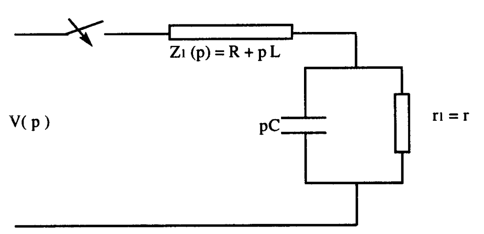
$$I(t) = 0.23 E(-3) \; \sin(w t + 120) + 34 E(3) EXP(-93 \; 100t) \qquad (12-12)$$

بينما تتعدل هذه المعادلة معمليا لتصبح فى الصورة :

$$I(t) = 2.6 E(-3) \; \sin(w t + 120) + 40 E(-3) EXP(-23 \; 500t) \qquad (12-13)$$

ويرجع هذا الفارق بينهما لعدم تواجد الخواص الخطية التى تم فرضها فى البداية لمكونات الدائرة الكهربية خصوصا مع الحالات الفجائية ولذلك يجب دراسة حالة الفجائيات اذا ما حدث التكهرب عند دخول جسم الانسان فى دائرة حثية وهو الامر الطبيعى فى الدوائر الكهربية وبذلك تكون الدائرة المكافئة لمثل هذه الحالة كما نراها فى (الشكل رقم ١٢–٨) وهى مبسطة للغاية الا انها صعبة الحساب رياضيا .

ومن هنا نحصل على قيمة الممانعة المكافئة لهذه الدائرة فتكون فى المجال التحويلى وهو تحويل لابلاس فى الصورة :



الشكل رقم ١٢ ـ ٨: الدائرة المكافئة لتكهرب الانسان فى دائرة حثية

$$Z(p) = Z1(p) + \frac{Z2(p)\,Z3(p)}{Z2(p)+Z3(p)} \qquad (12-14)$$

ومن هذه المعادلة واعتبار نفس الجهد السابق نحصل على قيمة تحويل التيار فى المجال اللابلاسى فى الشكل :

$$I(p) = \frac{V(p)}{Z(p)} = \frac{V\,p\,(p \sin @ + w \cos @)\,(p\,r1\,c + 1)}{p\,(p^2 + w^2)\,\{p^2\,r1\,L\,c + p\,(Rr1\;c + L) + r1 + R\}} \qquad (12-15)$$

وحيث تم وضع المعادلة السابقة فى الشكل الملائم لتحويلات لابلاس وبالرجوع الى جداول التحويلات نحصل على الدالة الاصلية فى المجال الزمنى بالصيغة :

$$I(t) = I \sin(wt + @ - \emptyset) + A\ EXP(p3\,t) + B\,EXP(p4\,t) \qquad (12-16)$$

والثوابت التى ظهرت نحصل عليها من المعادلات التالية فمثلا نحصل على قيمة التيار الاقصى لحالة الفجائيات التكهربية بالمعادلة :

$$I = V / \{(z1\,z2 + z2\,z3 + z3\,z1) / (z2 + z3)\} \qquad (12-17)$$

بينما نحصل على باقى القيم مثل الزاوية وقيم الممانعات الاولية بالمعادلات :

$$\tan \emptyset = b / a\,.\ z1 = R + j\,wL\,.\ z2 = r\,.\ z3 = -1 / j\,wc \qquad (12-18)$$

اما الثابتين الذين ظهرا من تحويلات لابلاس فيمكننا تحديدهما من خلال الصيغتان التاليتان:

$$A = \frac{V\,(p3 \sin @ + w \cos @)\,(p3\,r\,c + 1)}{2p3\,\{p3^2\ \ r\,L\,c + p3\,(r\,R\,c + L) + r + R\} + (p4^2 + w^2)\,(p3(2rLc) + rRc + L)} \qquad (12-19)$$

$$B = \frac{V\,(p1 \sin @ + w \cos @)\,(p4\,r\,c + 1)}{2p4\,\{p4^2\ \ r\,L\,c + p4\,(r\,R\,c + L) + r + R\} + (p4^2 + w^2)\,(p4(2rLc) + rRc + L)} \qquad (12-20)$$

وقد ظهرت الثوابت الاولية فى هذه الصيغة ومن ثم نضع التعبيرات الرياضية الخاصة بها فيما يلى :

$$p1 = -j\,w\ ,\ p2 = j\,w\ ,\ p3,4 = -\frac{r\,R\,c + L}{2\,r\,L\,c} \pm \sqrt{\frac{(r\,R\,c + L)^2}{(2\,r\,L\,c)^2} - \frac{r + R}{rL\ c}} \qquad (12-21)$$

فى الحقيقة هذه الحالة تمثل الواقع فكثيرا ما يحدث التكهرب مع الملف الخانق chock coil والملازم لدوائر الاضاءة التفريغية (الشكل رقم ١٢-٩) ومن الممكن ان يحدث مع ملفات المحولات او محولات اللحام والتى كثرت عنها الاحصائيات (الشكل رقم ١٢-١٠) وهى كلها شائعة فعلا فى مجال التكهرب .

اخيرا نركز على ان التيار فى حد ذاته لا ينفرد بتحديد الخطورة لان زمن التكهرب يلعب الدور الاكبر وقد يكون الاساسى وهو المعامل المهمل فى هذا الصدد ولذلك اجريت التجارب المعملية لتحديد العلاقة الزمنية للتيار السعوى وقد كانت فى الصيغة :

$$I = 0.165 / \sqrt{t} \qquad (12 - 22)$$

والتيار محدد بقيمة rms بوحدات الامبير وهو صحيح للمدى من ٤٠ وحتى ٥٠ ميلى أمبير ويقدم (الجدول رقم ١٢-١١) التغيير المتلازم مع قيمة التيار المسموح به ليمر فى جسم الانسان قبل الشعور بالخطر وهو المعروف بأسم Current Permiisable .

كما ان التغيرات والمؤثرات لاتتوقف عند هذا الحد بل تمتد الى ابعد من ذلك كما سوف يتم عرضة فى الفصل التالى.

جدول رقم ١٢ ـ ١١: التغير الزمنى للتيار المسموح به مرورا فى جسم الانسان

مدة مرور التيار (ث)	١	٠,٧	٠,٥	٠,٢
تيار مسموح (ملى أ)	٦٥	٧٥	١٠٠	٢٥٠

الفصل الثالث عشر
الوقاية من التكهرب



الوقاية من التكهرب
Protection Against Electrization

الغرض من تناول موضوع كيفية الوقاية من التكهرب هو التوصل الى افضل الوسائل المطلوبة لحماية الانسان من التكهرب حتى نقلل من الاصابات الكهربية وتقع محاور الحماية هنا على عاتق الاستراتيجية المنوط بها هذا الاداء وهى ما تعنى ضرورة رفع مستوى اداء الاجهزة الكهربية بجانب منع الافراد من الاقتراب من الشبكة الكهربية الا بعد اتخاذ احسن الخطوات لحمايته اذا ما حدث مثل هذا التكهرب على سبيل الخطأ ولذلك نجد انه من الامور اللازمة لتحقيق هذا الغرض مايلى:

١- تصميم الاجزاء المكهربة الداخلية فى الاجهزة لتكون بعيدة عن الهيكل الخارجى بقدر الامكان

٢- استخدام مواد عازلة عالية الجودة داخل المعدات والاجهزة.

٣- دهان الاسلاك الممكن تلامسها مع الانسان بالورنيش العازل قبل عزلها كنوع احتياطى لعدم التكهرب.

٤- توزيع الاسلاك الداخلية فى المعدات لتكون فى متناول العاملين فى الصيانة بسهولة

٥- عدم التداخل بين الاجزاء المعدنية داخل المعده لمنع التلامس من جهة وزيادة مستوى عدم التكهرب من العمل فى دوائر متجاورة (متداخلة)

٦- استخدام الموصلات وعازلاتها والكابلات المطابقة للمواصفات فقط والملائمة لطبيعة التشغيل

٧- الاعتماد بصفة جوهرية على نظام فرملة التشغيل الخاطىء Interlock سواء لفتح الاجهزة والمعدات او تشغيل أى منها باسلوب خاطىء قد يحدث شرارة كهربية او تكهرب .

٨- تأريض الهيكل الخارجى المعدنى مع الجهد الصفرى شرطا اساسيا لحماية الافراد من جهد التلامس Touch Voltage

٩- ضمان قيمة مقاومة التأريض تبعا للمواصفات والمتابعة لقياسها بصفة دائمة حماية من جهد الخطوة .

١٠- وضع التعليمات الادارية التى تمنع او تقلل من عدد المتعاملين مع الاجزاء المكهربة فى الموقع .

انطلاقا من هذا الاساس نستطيع التحرك لدراسة السبل الرئيسية للحفاظ على الارواح من التكهرب خصوصا مع جهد التوزيع الذى طالما يتعامل معه المتخصصون بنظرة الاستهتار وهو ما لا يمكن ان يكون مقبولا من الناحية الهندسية او الادارية فمهما انخفض الجهد الا ان

احتماليات الاصابات الكهربية ومنها المميتة قائمة وهذا يجعلنا ننظر الى هذا الموضوع باهتمام بالغ خصوصا وكما رأينا فى الفصل السابق من الكتيب ان النسبة الاكبر من الحوادث المميتة تقع على جهد التوزيع المنخفض وعلينا التصنيف الواضح لهذه العملية الهامة وهى التكهرب وذلك بالنظرة المركزة الى العاملين المتخصصين ومن ثم محاولة الاستفاضة فى تحليل اهم المؤثرات التى تساعد او تمنع التكهرب حتى نضع القواعد الاولية للوقاية من التكهرب .

١٣-١ : تصنيف التكهرب Classification Of Electrization

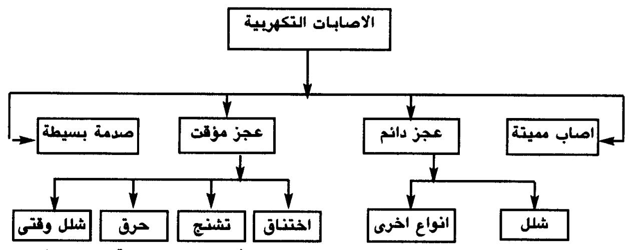
عند بناء الهيكل التنويعى لعملية التكهرب وبعد النظرة السابقة نحتاج الى الدخول معا الى لب العمل الهندسى بل مبادىء الاداء فى عمل مهندسى الكهرباء والذين هم اكثر عرضة للتكهرب عن غيرهم وليس المقصود ان المهندسين هم الاكثر تكهربا بل التابعين لهم والخاضعين لاشرافهم الهندسى فى المواقع العملية والتنفيذية وهذا يتطابق مع النتائج التى وردت فى الفصل السابق حيث تحدد ان المتعامل بصفة دائمة مع الدوائر الكهربية اكثر تعرضا للتكهرب فكان ضروريا ان نضع التصنيف لهؤلاء العاملين فى هذا المجال بناءا على نوعية السبب المؤدى للتكهرب وبمعنى أخر بسبب التكهرب وهو ما يقدمة (الجدول رقم ١٣-١) حيث يعطى احصاءا لاسباب التكهرب في المواقع الصناعية وخطوط نقل الطاقة الكهربية الهوائية او تلك التمديدات المؤقتة والتى عادة يقع على عاتقها العبء الاكبر فى هذا المجال.

اما عن تنويع الاصابات الكهربية ذاتها والناتجة عن التكهرب فمن الممكن ان توضع فى تقسيم مبسط على النحو الذى نراه فى (الشكل رقم ١٣-١) حيث يتم التصنيف فى شكل الشجرة الصندوقية لتبسيط الاشكال والانواع المحددة للتكهرب بشكل واضح .

نوعيه الاضرار الناجمه عن هذه الاصابات والتى تنجم عن التعامل مع الشبكة الكهربيه نستطيع وضعها فى قسمين هما :

جدول رقم ١٣ ـ ١: بيان بالنسبة المئوية للحوادث الكهربية فى المواقع الكهربية والصناعية

سبب الحادث	خطوط هوائية	توصيلات مؤقتة	مواقع صناعية
اثناء الصيانة	٣٣,٣	١٨,٨	٣٨,٦
تلامس مع اسلاك	--	٢٣,٦	٢٨,٤
انقطاع اسلاك حية	٢٦,٧	٣٧,٤	--
اثناء التركيب	٩,١	--	--
توصيل وفصل التيار	--	--	١٣,٨
تغيير التوصيلات	١١,٩	--	--
تلامس اسلاك ضعيفة عزل	--	١٣,٢	--
اسباب اخرى	١٩,٠	٧,٠	١٩,٢
الاجمالى	١٠٠	١٠٠	١٠٠



الشكل رقم ١٣ ـ ١: التوزيع الصندوقى لنوعيات الاصابات الكهربية بشكل عام

١- الأعمال الصناعيه سواء فى المصانع أو الشركات أو المكاتب بكل انواعها اداريه كانت او غير ذلك .

٢- الاعمال غير الصناعيه وهى التى تشمل العديد من الفروع المتباينه ويمكن حصر بعضها كما يلى :

* النقل او الانتقال
* الاعمال المنزلية
* المنشآت الجماهيرية كالمدارس والملاعب والنوادى وغيرها

اما الاضرار الناجمة عن ذلك التعامل فنفصله فى ثلاث نقاط هى :

١- خسائر مادية

جدول رقم ١٣ ـ ٢: ملخص لاهم الاسباب المؤدية للتكهرب

محور الشبكه الكهربيه	محور الافراد	محور الاجهزه المستخدمه
شبكه متهالكه توصيلات سيئه عزل ضعيف وسائل تشغيل ضاره مخالفه المواصفات القياسيه تداخل الدوائر الكهربيه مكونات غير سليمه فنيا (برايز-لوحات-عازلات-..)	انعدام الخبره عدم الدرايه اهمال قواعد الامن الكهربى انخفاض مستوى التدريب عدم توافرالاجهزه المساعده تداخل الانسان مع الدوائر اثناء العمل دخول الانسان فى مجال كهرومغناطيسى قوى وضار التواجد فى مسارات احتماليه لحدوث الشراره او فى موقع ضرر ميكانيكى اهمال اعمال الصيانه للجهد المنخفض ٢٢٠ فولت او ٣٨٠ فولت عدم متابعه اجهزه الوقايه عدم الاهتمام الدائم بقياس حاله التأريض ونقطه التعادل	مخالفة التصنيع للمواصفات اعطال جسيمة بالاجهزة

٢- ارواح بشرية وهى اهم الخسائر على وجه الاطلاق

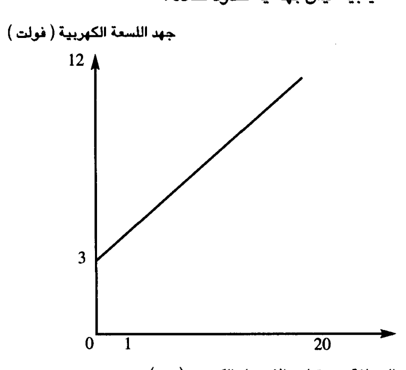
٣- حرائق وتاثيرها البيئية وما يؤدى الى تشوية وتلويث للبيئة وبالتالى للصحة العامة .

ومن الهام ان تتحدد بعض العناصر الاساسيه لحدوث التكهرب والتى نجدولها فى ثلاث محاور

كما جاءت فى الجدول رقم ١٣-٢ حيث نلخص اهم الاسباب .

لقد ساد لفتره طويله اعتقادا بان الجهد الكهربى هو الاساس فى عمليه التكهرب ثم تراجع العلماء عن ذلك وبدأوا فى تحديد كلا من التيار والجهد ثم بدأ البعض يحدد أن المجال الكهربى هو الاكثر تأثيرا فى هذا الصدد حيث تأكد لهم ان الاعتقادين السابقين لا يقتربان من الواقع سواء احصائيا او معمليا ، خصوصا وان اغلب الحوادث الكهربية تقع على الجهد المنخفض بل والاصابات المميتة تزيد جدا مع الجهد المنخفض مما جعل الجميع الان فى اعتقاد شديد بان التكهرب ذو علاقة وثيقة مع المجال بل ويأتى دورة قبل الجهد والتيار ولذلك نجد العلاقة البيانية بين الجهد المسبب لما نسمية اللسعة الكهربية irritating وبين المسافة عبر قطبى الاختبار اثناء اداء الاختبارات المعملية للتوصل الى حقائق التأثير المجالى على التكهرب والاحساس به ويبين (الشكل رقم ١٣-٢) شكل النتائج المستنتجة والغريب انها تعطى علاقة خطية على وجة التقريب والتى تحدد الاحساس البشرى بالتكهرب عندما تم الاختبار على ٢٢ رجلا لمدة ١٠ أيام بمعدل ٢٥ تجربة لكل منهم.

اما عن النتائج الفعلية عدديا فقد جاءت فى (الجدول رقم ١٣-٣) وقد تحدد فيه القيمة القصوى وكذلك الصغرى لكل من التيار والجهد وبالتالى للقدرة اللاسعة حيث كانت اقطاب التكهرب توضع اما فى يد واحدة او بين كلتا اليدين وحيث ان شكل الاقطاب يؤثر على القيمة المستنتجة فقد تم استخدام اقطاب اسطوانية انسيابية ليس بها ايه حدود حادة .



الشكل رقم ١٣ ـ ٢: تأثير المسافة بين قطبى التكهرب على الاحساس البشرى بالتيار الكهربى اللاسع

جدول رقم ١٣ ـ ٣: القوى المؤثرة علي الاحساس البشرى بالتكهرب باستخدام قطبى تكهرب

البيان	حالة القطبين فى يد واحدة	حالة القطبين فى اليدين
الجهد (فولت)	من ٧,١ الى١٥	من ٧ الى١٩,١
التيار (ميلى أمبير)	من ٠,٢ الى ٩٥	من ٠,٦ الى ١,٠٨
القدرة (ميلى وات)	من ٢,٤ الى ٦	من ١,٧ الى ٩,٦

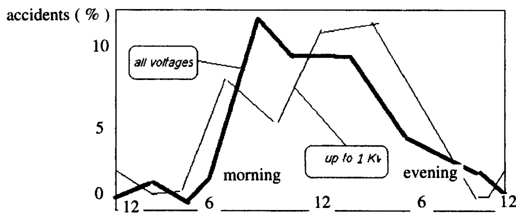
علينا التوجة الى نسبة الاصابات فى دوائر الاضاءة والتى تكثر فيها النسبة العامة للاصابات الكهربية لانها الاكثر قربا من العاملين ولكثرة اعمال الصيانة بها ولذلك يجدول (الجدول رقم ١٣–٤) بيان بالحوادث التكهربية مع دوائر الاضاءة . مما سبق نلاحظ ان التكهرب من خلال التعامل مع دوائر الاضاءة يعطى معدلا عاليا فى التكهرب والاصابات الكهربية ولهـذا نهتم بهـا

جدول رقم ١٣ ـ ٤: النسبة المئوية لحوادث التكهرب من خلال دوائر الاضاءة

الحالــــة	نسبة الحوادث (٪)
تلامس مع قاعدة المصباح	٣٦,٤
تلامس مع دواية المصباح	١٣,٣
تلامس مع الاسلاك منهارة العزل	١٤,٤
اثناء صيانة المصباح تحت الجهد	١٠,٨
تلامس مع اسلاك عارية	١٠,٨
تلامس مع (سلم / حائط / ارض) اصبح مكهربا	٨,٠
تلامس مع جسم الخانق المكهرب	١,٥
اسباب اخرى	٤,٨
الاجمالــى	١٠٠

خصوصـا وانها عرضة للتعامل مع كل الافراد كبيرا ام صغير رجل او سيدة حتى الاطفال فى بعض الاحيان ويمثل بذلك خطرا عليهم ونجد ايضا ان التلامس مع قاعدة المصباح وهى الاكثر قربا من الاشخاص العاديين قبل المتخصصين وتمثل النسبة الاعظم بين بقية انواع التكهرب فى هذا المجال وهو ما يجب ان نراعية فى التعامل مع هذه الدوائر كمـا حصر العلماء الشكل التغيرى للحوادث الكهربية نسبة الى وقت الحادث وتوقيته وبالرغم من انه ليس بالامر القياسى حتى الان الا انه يعبر عن الواقع حاليا ويرمز الى التوقيت الزمنى طوال اليوم وقد تم توزيع هذه الحوادث على مدار الاربعة وعشرين ساعة ومنها ظهر المنحنى الواضح فى (الشكل رقم ١٣–٣) وهو ما يمكننا تسميته بمنحنى الحوادث اليومى Daily Accident Curve, وقد اعطى نوعان من الرسم الاول يعبر عن الحوادث للجهود جميعا مجتمعة من الجهد الصغير جدا وحتى الجهد الفائق بينما الاخر يمثل منحنى الحوادث الكهربية للجهد المنخفض حتى جهد ١ ك.ف. ومن الشكل الأخير نرى ان الغالبية العظمى للحوادث الكهربية تأتى نهارا عند احتساب الشبكات الكهربية بكافة انواعها لكل الجهود التوزيعية والمتوسطة والعالية والفائقة اما الحال هذا يتبدل عندما نأخذ فى

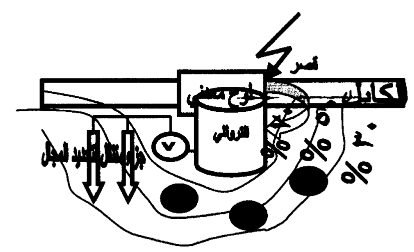
الاعتبار حالة الجهود المنخفضة والتى تخص جهد التوزيع حيث يمتد حدوث الاصابات الكهربية حتى الوقت المسائى، خصوصا وان العمل فى قطاع الاحمال المنزلية يتمتع بقدر كبير من



الشكل رقم ١٣ - ٣: منحنى الحوادث اليومى

ضروريات الصيانة فى هذا الوقت المتأخر بل ان القيمة العظمى للحوادث تأتى ليلا وهو ما يبرزه هذا الشكل العام لمنحنى الحوادث اليومى، وهذه المنحنيات قد تتغير وتتبدل تبعا لظروف الحياه ومع نوعية المجتمع وطريقة التعامل مع الدوائر الكهربية اضافة الى الاسلوب الادارى وتعليماته فى هذا الخصوص.

ننتقل الان الى الحديث عن اهمية المجال الكهربى او المجال الكهرومغناطيسى فى حالات التكهرب وخصوصا مع الاخذ فى الاعتبار ارتفاع قيمة جهد الخطوة Step Voltage والتى يعتبرها المتخصصون قيمة خطرة اذا ما تسبب فى مرور تيار كهربى يصل الى ١٥-٢٥ ميلى أمبير وهو

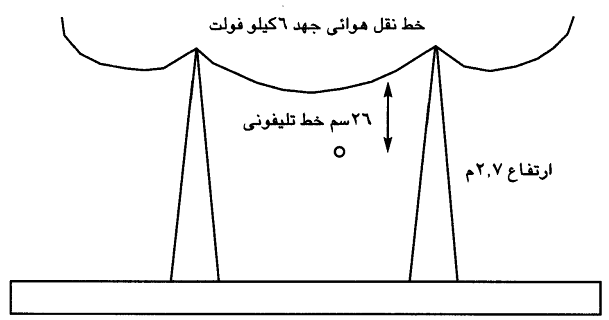


الشكل رقم ١٣ - ٤: منحنيات توزيع المجال اثناء القصر اختباريا لجهد الخطوة

ما يمثل الخطورة على حياة الانسان ولذلك نجد (الشكل رقم ١٣-٤) يعرض كيفية تأثر الانسان بهذا الجهد والمجال الكهربى من خلال خطوط المجال نتيجة للمحاكاة المعملية عند حدوث قصر مباشر فى موقع العمل والمحدد هنا لكابل كهربى باستخدام اجهزة القياس المتنقلة لتحديد

مسارات خطوط المجال.

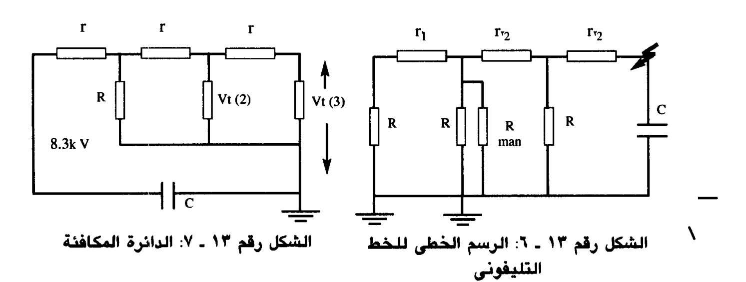
اضافة الى التوقع المجالى لاحداث التكهرب للاشخاص الواقعين داخل المجال الكهربى بفارق مجالى كبير يعتمد بالدرجة الاولى على التيارات الصفرية بالارض وقت حدوث القصر وقد



الشكل رقم ١٣ – ٥ : منظر لتقاطع خط تليفونى مع خط توزيع كهرباء هوائى جهد ٦ كيلو فولت

اوضحت التجارب تأثيراً لجهد الخطوة على الانسان فى الحدود من ٥ الى ١٥ فولت وتيار التكهرب بقيمة ١٥–٢٥ ميلى أمبير وقد حدث من هذه النوعية اصابات مميتة عند الجهد ١٢–٣٦ فولت وهو الامر غير المتوقع على وجه العموم . اما بالنسبة لجهد التلامس فيظهر تأثيراً كما هو موضح فى (الشكل رقم ١٣ – ٥)حيث نرى مرور الدائرة تليفونية تحت خط هوائى جهد ٦ كيلو فولت.

يمثل جهد التلامس Touch Voltage اخطر حالات التكهرب والتى قد تصعق الانسان باصابة مميته مباشرة بمجرد التلامس وبالصدفة البحتة حيث ان هذا الجهد عادة ما يتلامس مع لحظات القصر فى الشبكات الكهربية الضخمة وقد لوحظ منذ زمن بعيد وقد اكتشف العلماء خطورته ولذلك نجد الدول المتقدمة تستخدم المخارج (البرايز) ٢٢٠ فولت ثلاثية الاطراف بينما الدول النامية ما زالت فى سبات من هذه النواحى لارتفاع التكلفة الاقتصادية على كاهلها وهذا الطرف الثالث Third Terminal فى البرايز Sockets هام للغاية سواء فى البيت او المصنع او فى الشارع لانه يتصل مع نقطة التأريض بالموقع ذاته وبالتالى تتصل معه جميع الاجسام الهيكلية المعدنية لاى اجهزة او معدات تعمل بالكهرباء حتى يكون السطح المعدنى لجميع الاجهزة الكهربية مساويا الصفر فيمنع حدوث التكهرب من خلال جهد التلامس ولهذا نجد ان الشكل المعطى فى (الشكل رقم ٣ – ٥) يمثل خطر التداخل خطوط التليفونات مع خطوط الجهد الاعلي ولمزيد من الايضاح



الشكل رقم ١٣ ـ ٧: الدائرة المكافئة

الشكل رقم ١٣ ـ ٦: الرسم الخطى للخط التليفونى

نضع الدائرة الكهربية المكافئة لدوائر التليفونات اذا ما حدث قصر بالصدفة بين احد خطوط الجهد ٦ كيلو فولت والخط التليفونى وهو فى الحقيقة امر احتمالى وارد لامكان انقطاع سلك الخط وتلامسه مع الخط التليفونى القابع تحته.

هذه الدائرة فى الرسم الخطى المبين فى (الشكل رقم ١٣ – ٦) يمكن تبسيطها إلى الشكل المعطى فى (الشكل رقم ١٣ – ٧) حيث انها تمثل الدائرة المكافئة لهذه الحالة بينما القيمة C تمثل سعة الخط الهوائى عالى الجهد بالنسبة للخط التليفونى لأن الجهد الواقع على طرفى السعة هذه هو ٣٨٠٠ فولت اما القيمة R(man) تمثل مقاومة الشخص المتكلم فى التليفون وقت حدوث القصر بين الخط الهوائى ضغط ٦ ك.ف. مع الخط التليفونى المار أسفل منه ولتبسيط الحل الرياضى فى هذه الحالة نفرض الاتى:

١ـ المقاومة R الخاصة بالتليفون قبل تلامس المتكلم معه كما هو مبين فى (الشكل رقم ١٣ – ٦) تساوى ٢٠ اوم.

٢ـ المقاومة لكل الكابلات التليفونية متساوية أى ان $r = r2 = r1 = 10$ اوم.

٣ـ اعتبار ان الثلاث قطاعات الممثلة فى الرسم رقم ١٣ – ٦ والمشيره إلى تواجد ثلاث مواقع متتالية متباعدة مغذاه من الخط التليفونى اسفل الخط الهوائى المشار إليه فى (الشكل رقم ١٣ – ٥) وهى المواقع التى ترقم بالارقام 1, 2, 3 على التوالى.

بهذه الفروض نستطيع الحصول على الجهد على اطراف الثلاث قطاعات على النحو:

$$Vt(1) = K\,[r^2 + R(C\,r_2 + R)]\,EXP(ja) \qquad (13 - 1)$$

$$Vt(2) = K\,R\,(r^2 + R)\,EXP(ja) \qquad (13 - 2)$$

$$Vt(3) = K\,R^2\,EXP(ja) \qquad (13 - 3)$$

وهذه الجهود ستكون مرتفعه نتيجة الاتصال مع خط الجهد العالى ٦ ك.ف. والمعامل K فى هذه المعادلات الثلاث يتحدد من معاملات الدائرة المكافئة كما هو ات:

$$K = \frac{Vc \quad 3\,w\,C\,R}{[\,r_2{}^2 + R\,(4r_2 + 3R)\,]\ \sqrt{1 + (3w\,C\,R^*)^2}} \qquad (13-4)$$

$$R^* = r1 + R \quad \frac{r_2^2 + R\,(3r_2 + R)}{r_2^2 + R\,(4r_2 + 3R)} \qquad (13-5)$$

$$\text{Tan}\quad a = 1/(3\,w\,CR^*)\,,\ w = a\,\pi \quad f = 100\,\pi\,,\quad \pi = 22/7 \quad (13-6)$$

اما اذا انقطع الجزء الاول القطاع الاول نتيجة القصر وارتفاع التيار فى الكابل فينتج جهدا على الجزئين الباقين ويكون الجهدين هما:

$$Vt\,(2) = A(r\,2 + R)\ EXP\ (\,j\,\emptyset\,) \qquad (13-7)$$

$$Vt\,(3) = AR\ EXP\,(\,j\,\emptyset) \qquad (13-8)$$

بينما الثابت $A\,,\,R^{**},\tan\phi$ فى هذه الحالة محددا من:

$$A = \frac{Vc\ 3\,w\,CR}{(\,r^2 + 2\,R)\sqrt{1 + (CR^{**})^2}} \qquad (13-9)$$

$$\tan\phi = 1/\,(3w\,CR^{**}) \qquad (13-10)$$

$$R^{**} = r1 + r2 + R\,(r2 + R)\,/\,(r2 + 2R) \qquad (13-11)$$

اذا انقطع الجزء الثانى ليتبق الثالث فقط فيظهر جهدا هو الواقع على جسم الانسان الملامس لجهاز التليفون على النحو:

$$Vt(3) = \frac{Vc\ 3\,w\,CR\ Exp\,(j\beta)}{\sqrt{1 + (3\,w\,CRX)^2}} \qquad (13-12)$$

وهذا الجهد قد يكون مميتا فى بعض الاحيان كما ان الثوابت تأخذ الصيغ التالية:

$$RX = r1 + 2r2 + R\,, \qquad \tan\ B\ = 1/(3\,w\,CRX) \qquad (13-13)$$

١٣ – ٢ : مؤثرات التكهرب Affecting Parameters

المؤثرات على حدوث التكهرب عديده وتتحرك على ثلاث محاور كما سبق التنوية وهى الناحية الطبيعية والاخرى الطبيه والثالثة الكيميائية وفى المحور الاول تقع مؤثرات الهندسة الكهربية وفى جميع الاحوال التخصصات متباينه وصعبة التوحيد والتركيز عليها جميعا الا اننا سنحاول بشكل موجز وضع النقاط على الحروف فى هذا الصدد ونتحرك مع جانب الهندسة الكهربية نتعامل معه ولكننا نؤكد ونضيئ شمعة على ان الصيانة هى اول المبادى الهامة لمنع التكهرب والذى يحدث بمعدل متوسط تقريبى بحادث واحد مميت لكل ١٥٠ الف حادث تكهرب ونتعرض بداية للجهد سواء كان المستمر او بالتردد الصناعى خصوصا وان التكهرب لايستغرق فتره زمنية طويلة بل انها لاتتعدى عددا من الميكروثانية او الميلى ثانية فى احيان اخرى ولهذا يكون

الفارق بين الجهد اللاسع لكل من نوعى التيار (المستمر والمتردد) ولكنه يغلب عادة على معادلة التيار المستمر بالقيمة الاقصى Crest فى التيار المتردد اما الجهد الخطر فهو الجهد المنخفض بل المنخفض جدا ما بين ١٢ او ٣٦ فولت او ما بينهما حيث رصدت الاحصائيات كما شاهدنا فى الفصل السابق حالات مميتة على هذة الجهود ويزيد من خطورة التكهرب بعض المؤثرات منها الاتية:

١ – التكهرب من خلال الجروح.

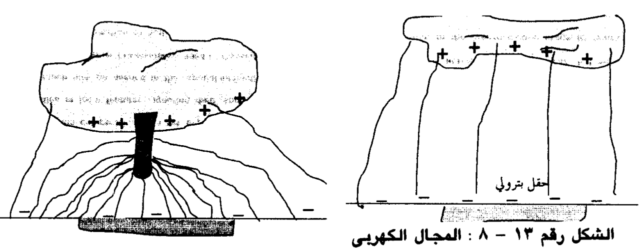
٢ – الظروف البيئية (حرارة ورطوبة واشعاع او مجال....)

٣ – مفاجأة الانسان.

٤ – البلل لجسم الانسان او الوسائط معه.

٥ – الجمع بين كل او بعض ما سبق.

جدير بنا الان ان نتعرض إلى ان التعرض للمجال الكهربى يأتى من حيث لاندرى زمنا او مكانيا فمثلا يتعرض العاملون فى حقول البترول لمجال كهربى والموضح من(الشكل رقم ١٣ – ٨) حيث نرى حقول البترول فى باطن وتوزيع المجال عند تواجد السحب ذات الشحنات الموجبه فى اغلب الاحوال وتقع فوقها ويكون المجال منتظما Uniform Field وتتوزع خطوط المجال بشكل منتظم ويكون لها تأثير ذو شأن على الافراد العاملين حسب مدة تعرضهم ان كانت دورية ام لا واذا ما كانت تكرارية الطابع علاوة على فترة التعرض لها المجال طوال الفصل السنوى الذى يظهر فيها



الشكل رقم ١٣ – ٨ : المجال الكهربى المنتظم حول حقل بترولى لتواجد السحب المشحونـــــه

الشكل رقم ١٣ –٩ : توزيع المجال حول منطقة حقل البترول اثنـــــاء التفـــريغ الصاعقـــــى

هذه السحب وتتحول إلى حالة التكهرب الصاعق مع بداية التفريغ الكهربى واثنائه حيث تصبح خطوط القوى الكهربية مكثفة بشدة مثل ما هو وارد فى (الشكل رقم ١٣ – ٩) وهو ذو تأثير ضار ومميت Lethal Case فى اغلب الاحيان.

وتظهر الخطورة عادة بين المتخصصين وفى مواقع الانشاء الجديدة او الترميمة وجدير بنا ان نوضح ان قيمة الجهد او التيار لاتعتبر الاساس بل مدة التكهرب ذاتها تدخل بفعالية وتكون ذات تأثير واضح ففى الجهود المنخفضة وبقليل من التيار ولكن بزيادة فترة التكهرب نصل إلى الحالات المميتة وهذا يعكس الاعتقاد بان العلاقة خطية بين التيار والتأثير على الانسان ولكنها لن تصبح هكذا اذا ما تداخل عنصر الزمن.

كما انه تحدد ان التيار ١٠٠ ميلى امبير حدا خطرا ولكنه يتحدد اكثر وضوحا بأنه لابد الايستمر اكثر من ٣٠ ثانية حيث يبدأ التأثير ليكون ضارا وفى المقابل نجد ان التيار ١٠ميلى امبير يعطى نفس الاسس التكهربيه اذا استمر لمدة طويلة بالرغم من انه يمثل ١٠٪ من التيار السابق ، ويعرف التيار الاقصى الذى يمر بجسم الانسان قبل الاضرار باسم التيار المرورى Let Go Current وعادة تقل قيمته بالنسبة إلى السيدات عن الرجال تبعا للدراسات المنشوره على المستوى العالمى حيث حددت ان ٩٩,٥ ٪ من الرجال يتحملون تيار ٩ ميلى امبير بمتوسط ١١-١٢ ميلى أمبير وبحد أقصى متذبذب بين نوعية الرجال من حالة نفسيه أو صحية وغيره بين ٣ وحتى ١٨ ميلى أمبير اما السيدات تتحملن تيار اقصى ٦ امبير وبمتوسط ٧-٨ ميلى امبير والتغير ايضا مثل الرجال وهو بين٢ و ١٠ ميلى امبير الا انه اثبتت بعض الحالات تحمل الانسان لتيار ٣٠- ٦٠ ميلى امبير دون اضرار وهى حالات خاصة غير عادية وهى نتائج اختباريه ويرجح ان يكون التحمل لهذه التيارات العالية تحفز الانسان تحت الاختبار فتعطية القدرة على التحمل فوق طاقته الطبيعية .

بحصر الاحصائيات السابقة نستطيع ان نضع قاعدة اساسية بان التكهرب عادة يحدث عند الجهد المنخفض ويكون مميتا ويؤكدها الحصر المتوسط التقريبى للتكهرب فى جهد التوزيع المبين بصورة تقريبيه فى (الجدول رقم ١٣ – ٥) مع وصف نوعية العمل احيانا وهى الاكثر فعالية فى التكهرب احصائيا ويجوز ارجاع السبب إلى عدم اكتراث المتخصصين بالجهد المنخفض والاستهانه به مقارنه مع الجهد العالى والفائق حيث الحذر التام فى كل جزء من اية حركة

جدول رقم ١٣ – ٥ : عدد الحوادث القاتلة بجهد التوزيع بصورة تقريبية

الجهد (فولت)	روسيا	امـــــريكا	نوعية الجهاز (اغلبيه)
اقل من ٦٥	٤,٠		اجهزة
من ٦٥ إلي ٩٠	٨,٠		اللحام الكهربى
من ٩٠ الى ١٢٧	١٢,٠		
من ١٢٧ إلى٣٨٠	٥,٠		شامل
الاجمالى	١٧	٤٢	

اضافية إلى ملاحظة ان اغلب حوادث التكهرب ذات علاقة بملفات انهاء عزلها سواء فجأة او مسبقا حسب الاحوال.

وقد استقرت الآراء على ان حوالى ٣٠٪ من الأصابات الكهربية تحدث عند الجهد ١٢ او٣٦ و٦٥ فولت والذى يجدوله (الجدول رقم ١٣ – ٦) محددا نسبة الاصابة تبعا لنوعية المتخصصين والعاملين فى حقل الصيانة الكهربية او فى تشغيل الشبكات الكهربية ولكنها منسوبة إلى الجهد الصغير من ١٢ وحتى ٦٥ فولت فقط.

جدول رقم ١٣– ٦: نسبة الاصابة الكهربية تصنيفا مهنيا لجهد التوزيع من ١٢ فولت وحتى ٦٥ فولت

المهنة	عدد الاصابات (٪)
فنيون	١٣.٥
لحامين كهرباء	٣٥.٠
متخصصون أخرون	١٠.١
عمال	٢٤.٥
طلاب مدارس فنيه	٨.٩
غير متخصصون (اداريون ....)	٨.٠
الاجمالى	١٠٠

من الملاحظات الهامة من الناحية الحيوية للانسان ان قله تواجد الاكسجين فى الهواء عن النسبه المعتادة يقلل بشكل حاد من مقاومة الفرد للتيار الكهربى بالمقارنة مع الحالة العادية للهواء الجوى وبضغطة المعتاد ولهذا تنخفض مقاومة الافراد العاملين فى المناطق الصناعية حيث التلوث البيئى بالجزيئات العالقة وخصوصا فى اماكن الصناعات النسيجية والاسمنتيه، ومن الضرورى من الناحية الهندسية تغيير المصهرات فى مثل هذه المصانع كل ٣ سنوات حتى وان لم تعمل خوفا من تأثيرات التلوث على الوقاية الكهربية من الجهة الاخرى . تكمن الخطورة فى التلامس مع الدوائر الكهربية وعادة ما يلتحم الجلد البشرى كخط تلامس اول مع الجهد الكهربى بالدائرة وهذا الجلد من اضعف النقاط فى الجسم عموما واقل مقاومة فى هذا الجلد يكون جلد الرقبة ومع كل هذا فقد تم الحصر التقريبى لتحديد هوية او عمر الانسان وكيفية تأثره بالتكهرب تبعا للاحصائيات ويقدم (الجدول رقم ١٣–٧) التصنيف العمرى للانسان مع قدرته على التحمل

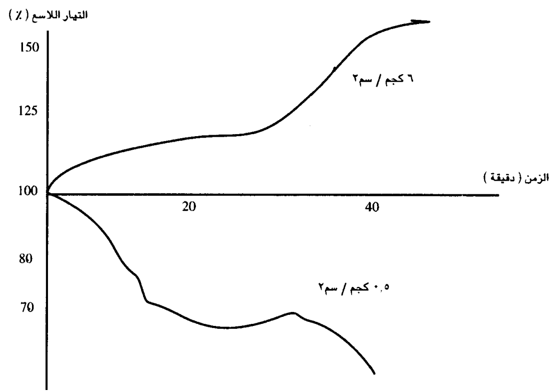
جدول رقم ١٣– ٧: التصنيف العمرى للانسان مع قدرته على تحمل الجهد الكهربى

عمر الانسان	عدد الاصابات (اختباريا)
تحت ٢١ عام	٢٢,٠
بين ٢١ الى ٣٠ عام	٦٥,٥
فوق ٣٠ عام	١٢,٥
الاجمالى	١٠٠

للجهد مقسما العمر الى ثلاث مستويات وهى القراءات التى تشير بجلاء الى أن ٨٧,٥٪ من الاصابات تحدث بين الشباب صغار السن او البالغين منهم وهذا امرا طبيعيا ومتوقعا لانه تم

الاتفاق مسبقا فى الفقرات عالية من ان غالبية الاصابات بين المتخصصين ومن هنا نجد ان الاصابات متوقعة اكثر لمن يعمل بيديه وهم صغار السن لان الكبار سنا يرقون مع العمر الى ان تصبح اعمالهم اشرافية ولذلك نتفق مع هذا الجدول.

كما انه اضيف تأثير الضغط الجوى اختباريا (ويعرض الشكل رقم ١٣-١٠) التأثير الزمنى للتيار اللاسع عند قيمتين للضغط الجوى اولهما عند الضغط ٦ كجم شدة لكل ٢سم بينما الاخرى للضغط ٥كجم شدة لكل ٢سم، والمؤكد بان تواجد الاوكسوجين يقلل من الاحساس البشرى للتيار الكهربى



الشكل رقم ١٣ ـ ١٠: التأثير الزمنى على قيمة التيار اللاسع مع التغير فى الضغط الجوى

ويجعله أكثر تحملا لمرور التيار وعلى النقيض يظهر تأثير ثانى اكسيد الكربون .

ويمكننا ارجاع اغلب حوادث التكهرب الى :

١- الاستعمال السيء misuse

٢- الخدش الميكانيكى للعزل mechanical scrash وتشكل ٤٠ - ٥٠ ٪ من الحوادث .

٣- الاستخدام المجهد للاجهزة فوق القدرة overloading وتمثل ٢٠ - ٣٠ ٪ من الحالات .

٤-عيوب فى التصميم والتجميع وتمثل حوالى ٣٠ - ٣٥ ٪ من الحالات .

٥- الاهمال فى التركيب والاستلام الفنى الدقيق وسقوط تقييم المهندس للعلاقه بين معاملات الشرارة الكهربية وقابلية الاشتعال للعزل الكهربى .

٦- تطور الانتاج للمعدات والاجهزة الكهربية باعداد تجارية وهذا التطوير الدائم وخصوصا للاجهزة الكهربية الداخلية hardware وتوزيعها داخليا لزيادة عول الاستخدام مع ارتفاع ساعات

العمل الاستخدامية للجهاز وهو ما ينعكس سلبا على العمر الافتراضى فى اغلب الاحيان وقد يجور على الامان الكهربى وهذه النقطة يجب ان يتاكد منها مهندس الاستلام النهائى للمعدات والاجهزة الكهربية .

كما ان التوافقيات Harmonics المتولدة داخل الشبكة الكهربية والتى عادة تؤثر سلبا على اداء الشبكة ولكن من ناحية التكهرب فنفرد (الجدول رقم ١٣-٨) كى يوضح التأثير هذا على قدره الانسان لمرور التيار او بالاحساس بمرور التيار فى الجسم حيث تم هذا اختباريا على ٢٢ رجلا لمده عده ايام مع وضع نفس الظروف حتى يمكن الحصول على نتائج سليمة من الناحية الاحصائية وقام العلماء بالقياس لنوعيات مختلفة من الرجال فاستطاعوا تحديد النهايات الصغرى والكبرى للاحساس البشرى فى المجموعة المنتقاه لهذا الغرض .

جدول رقم ١٣ ـ ٨: نتائج الاختبارات على الانسان مع تاثير التوافقيات

البيان	النوع الموجي للتيار	حدود الاحساس البشرى
الجهد اللاسع rms (فولت)	موجه جيبيه موجه غير جيبيه	٢٧ - ١٤,٠ ١١,٥ - ٧,٥
التيار اللاسع rms (ميلى أمبير)	موجه جيبيه موجه غير جيبيه	٢,٧ - ٠,٧٦ ٠,٧٦ - ٠,٢٤
القدرة اللاسعة (ميلى وات)	موجه جيبيه موجه غير جيبيه	١٦,٨ - ١٣,٣ ٦,٤ - ٣,٧
نسبة جهدين rms		٢,٥ - ٢,٠
نسبة تيارين اقصى rms		٢,٤ - ١,٩
نسبة القدرة rms		٣,٩ - ٢,٤

ويجب التعرض لنقطة الرطوبة ذات التأثير الشديد على العزل عموما بما فيها الجسم البشرى وقد تم الاختبار لليد البشرية فى حالة اليد المبللة فاصبحت اليد تتحمل الجهد الأقصى بقيمة ١٠-١٥ فولت بدلا من الحالة التى تحددت لليد الجافة تماما والتى وصلت الى ١٢٧ فولت فى بعض الاحيان أى ان البلل يخفض القدرة بمعدل ١٠٪ تقريبا اضافة الى ان مقاومة الجلد تقل فى حالة البلل مما يشير الى اهمية تأثير المجال الكهربى ايضا .

لا يتوقف الموضوع هنا بل نرى اهمية ادخال التأثير الانتقالى والفجائيات سواء للجهد او التيار لان التكهرب يحدث نتيجة للاتصال المفاجىء لجسم الانسان مع الجهد فى الدائرة الكهربية وهو ما يعنى ان معدل ارتفاع قيمة الجهد او التيار فى الجسم تعتبر اساسا ولا يتواجد الفارق بين الجهدين بنوعية المستمر والمتردد بل يعود الاصل الى لحظة الاتصال البشرى وهو ما يفسر اسباب التباين فى الحالات المختلفة للتكهرب ـ بل للشخص الواحد فى مرات متتالية ـ وذلك بسبب لحظة الاتصال هل هى عند القيمة القصوى للتيار او الجهد او عند الصفر او بينهما وعما اذا كان

الجهد ارتفاعا موجبا او زيادة سلبية وما لذلك من تأثيرات مباشرة فى الجهد المسبب للتكهرب بالاضافة الى العامل الزمنى والذى سبق توضيحية ولذلك يجب ان تكون التحليلات الرياضية فى المجال اللابلاسى وليس للدائرة فى حالتها الاستقرارية وهذا يزيد من صعوبة التعامل مع هذا الموضوع بحثيا الا انه هاما واساسيا للتوصل الى الوسائل الفعالة لوقاية الانسان من التكهرب وهو ما يزيد ايضاحا عن حالات مميتة عند الجهد المنخفض بينما لا تكون مميتة عند الجهد الاعلى وهكذا.

١٣- ٣: وسائل الوقاية من التكهرب Concepts Of Electrization Protection

اتضح ان غالبية الحوادث الكهربية تقع بين المتخصصين على المستوى المهنى وبين الشباب تبعا للمسافة السنية وعلى الجهد المنخفض نسبة الى قيمة الجهد وهى فى ذلك تحدد ان المواقع التى بها المتخصص ذات احتمالية اعلى عن غيرها للتكهرب كما يمكننا ان نحدد المواقع الاكثر حدوثا للاصابات الكهربية للوقوف على الصورة الشاملة التى تحتاج الى وسائل الوقاية وحتى نصل الى النوعيات الوقائية الملائمة لها وهذه المواقع نذكرها على النحو التالى ايجازا وليس حصرا :

١- المناجم .

٢- محطات الكهرباء (محولات او توليد) .

٣- الخطوط الهوائية .

٤- الكابلات الارضية .

٥- خطوط النقل والانتقال الكهربى مثل الترام والتروييللى باص والقطارات سواء كان التكهرب مباشرا اولا .

٦- الزراعة بالرغم من قلة استهلاك الكهرباء من خلال هذا القطاع الا انه اكثر عرضة عن غيره للتكهرب نتيجة لعدم الادراك والوعى الكهربى او لطبيعة العمل او للاثنين معا .

٧- نظم التوزيع العامة جماهيرية الطابع حيث تزداد فى هذا النطاق الحوادث الكهربية فى المنازل وخاصة القديمة منها ومثل المدارس والابنية الحكومية وكذلك عند استخدام وصلات متنقلة لتوصيل التيار الى الاماكن المنتشرة بعيدا عن البرايز وكذلك من ذات منبع التغذية وخصوصا المؤقت منها علاوة على ما ذكر من قبل عن كثرة الحوادث الكهربية فى المواقع تحت الانشاء او اثناء الترميم .

يدخل فى الاعتبار احد العوامل الرئيسية وهى الملابس التى يرتديها الانسان اثناء التكهرب ونجد فى (الجدول رقم ١٣-٩) نتائج القياسات المعملية لبعض المقاومات الكهربية لمكونات الدوائر التكهربية وهى ما توضح الصورة الشاملة بعد كل ما ذكر فى هذا الصدد حيث تحددت المقاومات بوحدات (كيلو أوم) بينما تم القياس بالاسلوب التقليدى لقياس النسبة بين الجهد والتيار المار فى الجزء تحت الدراسة وقد تم تغيير الجهد من اقل من ٦٥ فولت وحتى جهد التوزيع ٣٨٠ فولت.

جدول رقم ١٣ ـ ٩: المقاومة الكهربية لبعض مكونات الدائرة الكهربية المكافئة لحالة تكهرب الانسان

البيـــان	نوع الجزء	الجهد اقل من ٦٥	جهد ١٢٧ فولت	جهد ٢٢٠ فولت	اكثر من ٢٢٠ ف
الحذاء المبلل	جلد طبيعى	١,٦	٠,٨	٠,٥	٠,٢
	جلد صناعى	٢,٠	١,٠	٠,٧	٠,٥
	مطاط	٢,٠	١,٨	١,٥	١,٠
الحذاء الجاف	جلد طبيعى	٢٠٠,٠	١٥٠,٠	١٠٠,٠	٥٠,٠
	جلد صناعى	١٥٠,٠	١٠٠,٠	٥٠,٠	٢٥,٠
	مطاط	٥٠٠,٠	٥٠٠,٠	٥٠٠,٠	٥٠٠,٠
مقاومة الانسان	كف – ظهر يد	٣,٢	٢,٥	٠,٨	٠,٦٥
	كتف – الرجل	٣,٦	٢,٨	١,٢	٠,٨
	كف – قدمين او اليد – اليد	٤,٤	٣,٤	١,٦	١,٢

وهكذا نجد ان المقاومات المختلفة لابد وان تعتبر كجزء لايتجزأ من الدائرة الكهربية ولذلك يقدم (الشكل رقم ١٣–١١) بعض الاشكال للدائرة المكافئة شاملة الاتصال الخارجى ومع اعتبار الملابس وتأثيرها على التكهرب ويمثلها الشكل فى دائرة واحدة ممثلة لكل الاحتمالات سواء كان التكهرب بالملابس او الملابس والاحذية او بدونهما او بدون هيكل مكهرب الى غير ذلك من الاحتمالات وهى التى تتمثل فى بعض الاثار التشخيصية للتكهرب ويمكن تحديدها كما هو أت :

١– عدد نقاط التلامس

٢– اماكن التلامس

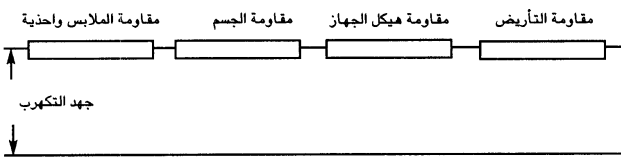
٣– النقر مكان التكهرب

٤– الصرخة الصوتية لحظة التكهرب

٥– الصداع

٦– الالم الخفيف فى العين

٧– الانزعاج اللارادى.



الشكل رقم ١٣ ـ ١١: للدائرة الكهربية اثناء التكهرب

بينما نعرف ان اضعف نقاط التلامس هى ظهر اليد ولذلك تحددت فى الجدول السابق كما ان ارق نقطة على الجلد البشرى هو جلد الساق طبقا للتجارب المعملية بينما اماكن الجروح واماكن أثار

العمليات الجراحية السابقة تعطى الما شديدا فى حالة التكهرب ويجب الاشارة الى أن الرأس تعطى مقاومة كهربية عالية اما عن المؤثرات الاخرى فى عملية التكهرب فنلخصها فى عدة نقاط هى:

١- الحالة الكهربية وتشمل :

شكل اقطاب التكهرب ـ مساحة الاقطاب ـ المسافة بين الاقطاب اثناء التكهرب ـ قيمة الجهد اللحظى ـ قيمة التيار اللحظى ـ معامل القدرة ـ نوع الدائرة ـ الطاقة المستهلكة اثناء التكهرب ـ مدة التكهرب ـ توزيع المجال الكهربى ـ كثافة التيار فى اجزاء الجسم ـ توزيع الطاقة الحرارية على الجسم اثناء التكهرب.

٢- الحالة الصحية وتشمل :

الامراض المزمنة ـ الجروح ـ الاعضاء الحيوية ـ الاعصاب ـ الوعى ورد فعل المفأجاة .

٣- عوامل بيئية هى:

الاتربة ـ العوالق الهوائية ـ الاشعاع ـ التلوث ـ الطفليات العالقة .

لخطورة موضوع التكهرب نجد كافة محطات الكهرباء سواء محطات المحولات او التوليد ولجميع الجهود بدءا من ٣ك.ف. وحتى ٥٠٠ ك.ف توضع فى حماية من التفريغ الصاعقى على الشبكة ككل والتى تنتقل اليها عبر اسلاك خطوط النقل الهوائية وتتمثل الاماكن المطلوب حمايتها داخل المحطات فى:

١- موقع محطات الكهرباء فى الخلاء out door وخصوصا القضبان الكهربية وكافة التوصيلات المتواجدة مادامت معدنية.

٢- صالات المولدات الداخلية In door

٣- المواقع الخدمية داخل المحطة .

٤- الخزانات السائلية والساخنة او خزانات الوقود او الغازات ومخازن انابيب الهيدروجين .

٥- غلايات .

٦- المداخن (عالية الارتفاع) .

كما يلزم تأريض الاماكن المشابهة مثل المآذن وخزانات المياه العلوية وناطحات السحاب وجصول البترول والحافلات المقطورية او الورش السيارة ومناجم الفحم وغيرها والتأريض يتم بناءا على مقاومة الارض النوعية والتى تتباين بشدة مع تغير نوع التربة والمجدولة فى (الجدول رقم ١٣-١٠) حيث يكون التأريض للشبكات جميعا من الجهد ٣٦ فولت وحتى ٥٠٠ فولت ثم للمحطات الاعلى من ذلك جهدا وتأريض الجهد المنخفض (التوزيع) يظهر فى المنشأت ذات معاملات الخطورة المرتفعة (للافراد او للاحمال) وهى ما تتم تبعا للمواصفات حيث يتم رمى الحربة (القضبان الارضية) وهى عادة من ماسورة عالية التوصيلية وبطول مقنن ولكنه يختلف كما وشكلا تبعا لخواص التربة.

جدول رقم ١٣ ـ ١٠: المقاومة النوعية للتربة الارضية

نوعية التربة soil	قيمة المقاومة النوعية (أوم متر)
رمال ناعمة	اكثر من ٤٠٠
رمال خشنة	٣٠٠,٠
طفلية	١٠٠,٠
تربة طينية وصلصالية	٦٠,٠
تربة سوداء	٥٠,٠
تربة فحمية	٢٠

ويكون التأريض بمقاومة يتم حسابها لكل نوعية جهد فالجهد المنخفض حتى ١ ك.ف له معامل ١٢٥ بينما الاعلى من ذلك يكون ٢٥٠ كما هو مبين فى الصيغة التالية :

مقاومة التأريض (الاوم) < المعامل / التيار الاقصى الصفرى بلا معوقات فى الدائرة الارضية (الامبير) . (١٣ - ١٤)

كما ننوه انه فى المحطات ذات نقطة تعادل غير مؤرضة يجب الا تقل المقاومة عن ١٠ أوم .

وجدير بالذكر فى هذا الصدد ان الملابس القطنية الجافة مقاومة جيدة للتيار الكهربى وتصل قيمتها المتوسطة ١٥ كيلو أوم فى حالة الجفاف التام وتنخفض بشدة لتصبح ٠,٥-١,٠ كيلو أوم اذا ما كانت الملابس رطبة وفى هذه الحالة الاخيرة (الرطبة) تنحدر مقاومة الاحذية بسرعة وتصل الى ٥-٣ كيلو أوم فقط واذا ما قارنا ذلك مع ما جاء فى (الجدول رقم ١٣-٩) نجد ان الحالة المبللة قريبة من تلك الرطبة مما يعنى ان الرطوبة هى الجوهر فى انهيار عزل الجسم البشرى ايضا .

من هذا المنطلق نضع اربعة من القواعد الاساسية للوقاية من التكهرب وهى :

اولا : العزل الكهربى .

ثانيا : اجهزة الوقاية ضد التسرب الارضى .

ثالثا : تأريض المواقع الكهربية .

رابعا : النظم الادارية والهندسية .

هذه المحاور الاربعة تعتبر اساسا شاملا للتعامل مع حوادث التكهرب ونتناول البند الاول وهو العزل الكهربى حيث انه يعتبر اهم الانواع اكثر حدوثا للتكهرب اذا ما انهار العزل ولذلك يلزم علاج العزل بطريقتين هما :

١- استخدام عزل اضافى كنوع من الحماية للعزل الفعلى وهو امر مكلف وقد لا يكون مقبولا من وجهة النظر الهندسية الاقتصادية .

٢- عزل الجانب الاخر من دائرة التكهرب وهو بالنظر الى الدائرة المعطاه فى (الشكل رقم ١٣-٩) عبارة عن الارض او جسم الجهاز لذلك يجب عزل الاتى :

١- الاجزاء المكهربة معزولة كانت او مكشوفة .

٢- الاجزاء المتداولة .

٣- الاجزاء المساعدة فى العمل الكهربى وبالاخص فى اعمال الصيانة مثل الارض الخشبية (باركية) لمنع او تقليل تيار التكهرب ويلزم الاعتماد على ذلك فى رياض الاطفال والمدارس عموما .

يأتى الدور الى التسرب الارضى وهو هام للاعتماد علية فى المعامل ومع اجهزة الحاسبات تحديدا واساسى لكل الاجهزة والمعدات الكهربية او تلك التى يتم تغذيتها بالطاقة الكهربية على وجة العموم ويوضع هذا الجهاز علي نقطة التعادل حيث تكون حساسية الجهاز للتيار الصغرى فقط ويتم ضبطه بحيث لا يسمح بمرور تيار التسرب الى الارض اذا ما وصل هذا التسرب الى الحد الذى يعلن عن خطورة وذلك يظهر فى حالتين :

١- حالة التلامس مع الارض.

٢- حالة تشغيل الشبكة باسلوب غير تماثلى unbalanced system

ويلزم بشكل اساسى تقصير مدة الفصل التلقائى لاجهزة الوقاية فى الشبكات عموما وفى شبكات التوزيع على وجة الخصوص وبالذات فى المنشأت التى تتعامل مع الاطفال مثل المدارس ورياض الاطفال ومكتبات الاطفال .

اما بالنسبة لتأريض الموقع وكل معداته فهو يمنع التكهرب من خلال جهد التلامس او حتى جهد الخطوة احيانا ويجب اتباع الاتى :

١- تأريض مواقع خدمة الطلاب والاطفال.

٢- ادخال نظام الطرف الثالث للبرايز ضمانا لحماية الافراد من التكهرب ويمكن ان يتم ذلك تبعا لخطة قومية وعلى مراحل زمنية ونوعية .

٣- فتح دفاتر لاعمال القياسات الارضية والكهربية للتشغيل والصيانة .

٤- مطلوب المتابعة المستمرة لقياس مقاومة التأريض والتأكد منها.

وفى النهاية نتجة الى بند النظم الادارية حيث يلزم الاتى :

١- وضع كود مصرى للتكهرب لحماية الانسان من التكهرب واخطاره .

٢- توفير معدات الامان الكهربى والتدريب عليها .

٣- التدريب المستمر للمهندس والفنى .

٤- اتباع قواعد الامان الكهربى بصفة دائمة ومع الجهود المنخفضة قبل العالية.

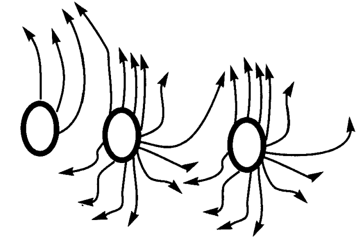
ويعتمد التأريض بشكل اساسى على حالة التربة الارضية فنجد (الجدول رقم ١٣-١١) يقدم تأثير الرطوبة على التربة من ناحية التأريض وخواص مقاومة التأريض فالتربة الجافة تمثل اكبر قيمة ثم تقل بشدة المقاومة مع التربة الملحية والحمضية كما تتأثر بنوع الفصل المناخى شتاءا او صيفا ولهذا يدخل معامل جديد عند حساب قيمة المقاومة التأريضية ويمثل اخطر الحالات للتربة زمنيا طوال العام ويسمى بالمعامل المناخى K وهو ماورد فى (الجدول رقم ١٣-١١) ويجب ان يضرب رياضيا فى القيمة المحسوبة والتى قد نتعرض لها فيما يلى .

جدول رقم ١٣ ـ ١١: المعامل المناخى لحساب قيمة مقاومة التأريض

مستوى الرطوبة فى التربة قبل القياس	لمقاومة التأريض المعتادة	لمقاومة التأريض الصاعقى surge
عالية	٥,٠	٢,٦
متوسطة	٢,٧	١,٤
بسيطة	١,٩	

ويمكن استخدام المعادلات المعملية لحساب قيمة مقاومة التأريض الواجبة وحدودها الاقصى تبعا لنظام الحراب (قضيب الارضى) تبعا لنظام التأريض ففى حالة الحراب الرأسية نعتمد على الصيغة :

المقاومة (اوم) < [٠.٣٧ × المقاومة النوعية للتربة (اوم متر) × لو (٤ × طول حربة التأريض بالمتر / قطرها)] ÷ [طول حربة التأريض بالمتر]   (١٣ - ١٥)



الشكل رقم ١٣ ـ ١٢: خطوط التيار الصفرى فى التربة لنظام التأريض بالحراب المتعددة المتجاورة

اما بالنسبة لحالة التأريض الافقى بعمق تحت سطح الارض فيجب الاعتماد على الصيغة :

$$\text{المقاومة (اوم)} < \frac{\text{٠.٣٧ × مقاومة التربة (اوم متر) × لو (مربع طول حربة التأريض بالمتر / قطرها × عمق الحراب بالمتر)}}{\text{طول حربة التأريض بالمتر}} \quad \text{(١٣ – ١٦)}$$

ويظهر من ذلك الاسلوبان المتبعان لهذا الغرض كما انه يمكن ترصيص الحراب وذلك لتقليل المقاومة التأريضية الا انه باقتراب الحراب وضيق المسافة البينية بينهم يجعل المقاومة ترتفع مرة اخرى ويبين ذلك (الشكل رقم ١٣–١٢)حيث تتزاحم التيارات الصفرية فى المنطقة المحلية فى التربة عند الحراب فيعوق مرور باقى التيارات وهو ما يعنى زيادة المقاومة كهربيا وبذلك تفقد المزايا التى تعمل من اجلها.

لذلك نجد التأثر المختلف للتربة مع نوعية التربة ويظهر فى شكل الاقطاب تبعا لما ورد فى (الجدول رقم ١٣–١٢) وهى الاشكال المحسوبة لتكون اقل تكلفة اقتصادية .

جدول رقم ١٣ ـ ١٢: بيان بشكل الاقطاب التاريضية تبعا لنوعية التربة الارضية

المقاومة النوعية للتربة (أوم متر)	شكل الحراب التاريضية
من ١٥٠ حتى ٢٠٠	افقية مزدوجة بطول من ٥ الى ١٠ متر كل حربة او مفردة/ افقية بطول ٦ متر الى مزدوجة بنفس الطول
من ٣٠٠ حتى ٨٣٠	ثلاثية افقية بطول من ١٠ الى ٢٠ متر
١٠٠	مفردة رأسية بطول ٢ متر
١٥٠	مفردة افقية بطول ٦ متر
٢٧٠	ثلاثية الاقطاب على محيط دائرة قطرها ٧ متر او ٣ افقى ٩ متر
٣٠٠	رباعية الاقطاب ببعد بينى ٩ متر
٣٢٠	٥ أقطاب متسلسلة على طول ١٠ متر
٤٣٠	٩ أقطاب متسلسلة على طول ٢٠ متر
٣٨٠	٣ × ٧ قطب متسلسلة على ١٠ متر على شكل نجمة كهربيا
٥٣٠	٣ × ١٣ قطب مسلسل بطول ٢٠ متر على شكل نجمة
٦٥٠	قطرى معين (٢ × ١٧ قطب × طول ٢٠ متر)

كما انه فى حالة الشبكة الشاملة (تاريض افقى ورأسى) نعتمد على حساب المقاومة بالصيغة المعملية :

$$\text{المقاومة (اوم)} < \text{مقاومة التربة} \times \frac{\text{المعامل التصحيحى}}{\text{جذر مساحة شبكة التاريض}} + \frac{\text{١}}{\text{مجموع طول الاقطاب + مجموع طول الحراب رأسى}} \quad \text{(١٣ – ١٧)}$$

المعامل التصحيحى مقدم فى (الجدول رقم ١٣–١٣) نسبة الى نسبة طول الحربة الرأسية الواحدة الى الجذر التربيعى لمساحة شبكة التاريض ككل وهو ما يسهل عملية تصميم شبكة التاريض فى الاماكن كثيفة الاحمال.

جدول رقم ١٣ ـ ١٣: معامل التصحيح لحساب مقاومة التاريض بشبكة تاريض

طول الحربة الراسية /جذر مساحة شبكة التاريض	صفر	٠,٠٢	٠,٠٥	٠,١	٠,٢	٠,٥
المعامل	٠,٤٤	٠,٤٣	٠,٤	٠,٣٧	٠,٣٣	٠,٢٦

كما تلعب اجهزة الوقاية دورا كبير لحماية العاملين من الصعق من خلال التلامس وذلك من خلال الضبط السريع لزمن الفصل التلقائى وهو ما ورد فى (الجدول رقم ١٣–١٤) حيث الزمن بالثانية والجهد الاقصى للتلامس محددا بالفولت .

جدول رقم ١٣ ـ ١٤: الزمن التلقائى للفصل مع جهد التلامس

الزمن (ث)	حتى ٠,١	٠,٢	٠,٥	٠,٧	١,٠	٣ واكثر
جهد التلامس (ف)	٥٠٠	٤٠٠	٤٠٠	١٣٠	١٠٠	٦٥

وجدير بان نضيف معامل الاستغلال للمواسير المستخدمة فى التاريض عندما يتم رصها تسلسليا كما هو مبين فى (الجدول رقم ١٣–١٥) حيث يجب ان يضرب هذا المعامل ايضا فى القيمة المستنتجة سابقا وذلك دون ادخال قيمة الاقطاب الخارجية للشبكة .

جدول رقم ١٣ ـ ١٥: تأثير الاقطاب التاريضية على معامل الاستغلال بدون احتساب الاقطاب الخارجية

البعد بينهم / طول الماسورة	عدد المواسير	معامل الاستغلال
١	٢,٠	٠,٨٤ – ٠,٨٧
٢	٢,٠	٠,٩ – ٠,٩٢
٣	٢,٠	٠,٩٣ – ٠,٩٥
١	٥,٠	٠,٦٧ – ٠,٧٢
٢	٥,٠	٠,٧٩ – ٠,٨٣
٣	٥,٠	٠,٨٥ – ٠,٨٨
١	١٠,٠	٠,٥٦ – ٠,٦٢
٢	١٠,٠	٠,٧٢ – ٠,٧٧
٣	١٠,٠	٠,٧٩ – ٠,٨٣
١	٢٠,٠	٠,٤٧ – ٠,٥
٢	٢٠,٠	٠,٦٥ – ٠,٧
٣	٢٠,٠	٠,٧٤ – ٠,٧٩

اما عن معامل التصحيح لترصيص المواسير فى صف واحد بجوار بعضهم فيجدول الجدول رقم ١٣–١٦ القيم الخاصة به مع احتساب تاثير الاقطاب الخارجية .

ومن ثم يجب توضيح اهمية التعامل مع الشبكات الكهربية باهتمام وعناية وطبقا لقواعد الامان والاوامر الادارية المحددة لنظم العمل وكيفية التعامل مع المعدات الكهربية سواء لافراد التشغيل او الصيانة ومنع وصول الافراد غير المختصين الى الاماكن الخطرة والمكهربة ومن الممكن ان يتم ذلك اما من خلال التصميم او بالنظم الادارية للعاملين فى هذا المجال كما نضيف العوامل

جدول رقم ١٣ ـ ١٦: معامل الاستغلال بناءا على عدد المواسير فى الصف الواحد معتمدا على نسبة المساحة الى طول الماسورة

المسافة / طولة	٤	٨	١٠	٢٠	٣٠	٥٠	٦٥
١,٠	٠,٧٧	٠,٦٧	٠,٦٢	٠,٤٢	٠,٣١	٠,٢١	٠,٢
٢,٠	٠,٨٩	٠,٧٩	٠,٧٥	٠,٥٦	٠,٤٦	٠,٣٦	٠,٣٤
٣,٠	٠,٩٢	٠,٨٥	٠,٨٢	٠,٦٨	٠,٥٨	٠,٤٩	٠,٤٧

الاساسية التى تمنع من التكهرب او على الاقل تقلل من احتماليات حدوثة وهى :

١- الوقاية من الشحن الاستاتيكى وذلك بالاعتماد على شبكة تأريض سليمة بالموقع

٢- الوقاية من التلامس مع الاجسام المعدنية وذلك من خلال :

* قواعد العمل وتعليمات التشغيل
* الصيانة المستمرة الجيدة
* استخدام الادوات والمعدات الخاصة بالامان الكهربى
* الاعتماد على فرملة التشغيل الخاطىء Interlock مثل البوابات والمقاتيح للمعابر وغيرها .

الفصل الرابع عشر

الرسم الكهربى



الرسم الكهربى ELECTRICAL DRAFTING

يعبر الرسم الميكانيكى عن الخصائص والمكونات المادية لشكل ما وتحديد ابعاده الداخلية والخارجية على السواء وهو يعتمد على الدقة ويعطى المعنى المراد للمتخصص بصرف النظر عن لغة الرسم او القارئ للرسم سواء كانت الانجليزية او العربية او الروسية او غيرهم ومن داخل هذا النطاق توالد الرسم الكهربى ليكون اللغة الدولية المشتركة بين المتخصصين والخبراء فى جميع انحاء المعمورة وهو يعطى المعنى الكامل للاداء والتشغيل او التركيب والصيانة لتلك المكونات الداخلة فى الرسم بل وانه يزيد بوضع العلامات المميزة للتقارير بالوسائل الرمزية (حرفية او رقمية او الاثنين معا) لتحديد الخواص جميعا على الرسم الواحد البسيط ولفهمة دون عناء الرجوع الى المعاجم والمراجع .

يقدم الرسم الكهربى المكونات المختلفة الداخلة فى الدوائر الكهربية بطريقة سهلة ومميزة لكل جزء فيها ويحدد ايضا الاوضاع والحالات المتباينة معتمدا على رموزا موحدة وقياسية وهى التى تختلف تبعا للنظم القياسية محل المقارنة فمنها الرموز التى تتبع فى النظام الانجليزى والذى يختلف عن نفس الرمز مثلا فى النظام الالمانى او الفرنسى ومنها الرمز الروسى الذى قد يتطابق مع مثيله فى النظام الامريكى الى غير ذلك من الاحتمالات العامة وهو ما ادى الى جمع هذه الانظمة جميعا فى نظام شامل جديد يعرف باسم النظام القياسى الدولى ولذلك يعرض هذا الباب بعضا من الرموز القياسية لاشهر المكونات المتداولة فى هذا المجال كما انه من الهام توضيح امكانية الخلط بين الرموز فى جميع الانظمة او بعضها خصوصا مع التقدم التكنولوجى وسرعة الاداء العام على المستوى العالمى ويقدم فى هذا الباب ثلاثا من النظم القياسية هى الالمانية والانجليزية والامريكية بجانب النظام الدولى القياسى حتى يكون مساعدا للمهندس فى عمله وليسهل له عملية الفهم والقراءة فى لوحات الرسم والمتخصصة عند اللزوم وهو ما نكون فى اشد الحاجة اليه فى الاعمال الهندسية ذات الصلة بالصيانة الكهربية او اثناء العمل الصيانى ذاته .

جدير بالذكر أن جميع الرموز والدوائر القياسية الواردة فى هذا الفصل هى منقولة بالكامل من المواصفات القياسية وهى نفس الرموز الموجودة فى جميع المراجع بكل اللغات ولكننا نصنعها فى شكل مرتب يسهل عمل المهندس عند الحاجة الى ذلك .

١٤-١: الرموز الاساسية Basic Symbols

نقدم الرموز الكهربية العامة والخاصة فى شكل جدولى على النحو الذى نفصله كما يلى :

الرموز الخاصة بالمكونات العامة فى الدوائر الكهربية كما وردت فى (الجدول رقم ١٤-١) والمعاملات الكهربية الاساسية فى (الجدول رقم ١٤-٢) بينما الرموز الخاصة بالتيار الكهربى جاءت فى (الجدول رقم ١٤-٣) ورموز أجهزة الأنذار والرموز الصوتية ووصلاتها جدولت فى

(الجدولين ١٤-٤ و١٤-٥) على التوالى ، اما اجهزة القياس فقد تحددت رموزها فى (الجدول رقم ١٤-٦) والمحولات الكهربية فى (الجدول رقم ١٤-٧) واجهزة القطع فى (الجدول رقم ١٤-٨) وحتى (الجدول رقم ١٤-٩) والوصلات الميكانيكية وأجهزة التشغيل فى (الجدولين رقمى ١٤-١٠ و ١٤-١١) ثم أخر الجداول يخص الالات الكهربية (الجدول رقم ١٤-١٢) .

١٤-٢: دوائر كهربائية قياسية Electric Circuits

تتنوع الدوائر الكهربية على نطاق واسع فى كافة مجالات التخصص من الكترونية الى كهربية ومن قطاعات هندسية فى الاجزاء الميكانيكية الى اشكال الملفات وطرق لفها ، وبهذا نقدم عددا من الرسومات الكهربية الاساسية والمستخدمة كوسائل ايضاح لمختلف الاستخدامات ونختار منها بعضا من الرسومات ففى شكل رقم ١٤-١ نرى قطاعا فى آله تيار مستمر رباعية الاقطاب وفى الشكل رقم ١٤-٢ نجد دائرة توصيل جهاز البوخلز للمحولات أما بعض الابراج فنراها فى الشكل ١٤-٣ وحتى ١٤-٦ ثم شكلا تخطيطيا لمحطة توليد (الشكل ١٤-٧) ودوائر الدفياتير (الشكل من ١٤-٨ حتى ١٤-١٢) دوائر توصيل ابداء تشغيل المحركات فى الشكلين رقم ١٤-١٣ و ١٤-١٤ والدائرة العامة للآله العامة فى الشكل رقم ١٤-١٥ ودوائر حماية المولدات (فى الشكل رقم ١٤-١٦ حتى ١٤-٢٠) ثم المحركات (الشكل رقم ١٤-٢١ حتى ١٤-٢٢) ، أما المحولات ففى الشكل من ١٤-٢٣ لغاية ١٤-٢٦ وحماية الخطوط (شكل ١٤-٢٧ حتى شكل ١٤-٢٨) ثم رسومات لمحطات وشبكات فى الاشكال من ١٤-٢٩ حتى ١٤-٣٤ وتمثل هذه الاشكال جميعا مثالا لكيفية الرسومات الكهربية وتعطى الصورة الكاملة عن الدائرة .

الجدول رقم ١٤ – ١ :المكونات العامة للدائرة الكهربائية
General Circuit Elements

البيـان DESCRIPTION	الرمز الالماني GERMANY SYMBOLS	الرمز الانجليزى BRITISH SYMBOLS	الرمز الامريكى USCANADIAN SYMBOLS	الرمز الدولى INTERNATIONAL SYMBOLS
مقاومة ثابتة RESISTOR			or	
مقاومةذات اطراف RESISTOR WITH Tappings				
ملف ممانعة ثابت القيمة Winding Inductor				or L
ملف ممانعة ذو اطراف With Tappings				or
مكثف Capacitor				or
مكثف ذو اطراف With Tappings				
مكثف محور القطبية Polarizd Electrolytic Capacitor	+	+	+	+
مغناطيس دائم Parmanent Magnet			PM	
عامود بطارية Accumulator cell battary				
توصيلة الارض Earth (Ground)				
توصيلة الجسم الحديدى Frame or chassis				
الحالة المتغيرة عموما Variable in operating				
حالة متغيرة للاختبار Veriable for test (preset adjustment)				
متغير بتاثير ميكانيكى Variable under the influence of physical quantity		منتظم	غير منتظم	
ثغرة الشرارة Spark gap				
مانعة صواعق Surge diverter			or	

تابع الجدول رقم ١٤ – ١ :المكونات العامة للدائرة الكهربائية

General Circuit Elements

البيـــان DESCRIPTION	الرمز الالماني GERMANY SYMBOLS	الرمز الانجليزى BRITISH SYMBOLS	الرمز الامريكى USCANADIAN SYMBOLS	الرمز الدولى INTERNATIONAL SYMBOLS
arc رمز الشراره الكهربائيه عند انهيار العزل				
thermocouple مزدوج حرارى				
clock ساعة توقيت				
Converter transmitter محول مرسل				
Amplifier مكبر				
single phase bridge توصيلة كوبرى (موحد وجه واحد)				
Fuse مصهر	or	or or	or or	or
Plug and socket device فيش و برايزه				or
Filament lamp لمبات ذات فتيل				
Dischage lamp لمبة تعمل بنظرية التفريغ				

الجدول رقم ١٤ – ٢ :المعاملات الكهربيه
Electric paramete rs

DESCRIPTION البيـــــــــان	GERMANY SYMBOLS الرمز الالماني	BRITISH SYMBOLS الرمز الانجليزى	USCANADIAN SYMBOLS الرمز الامريكى	INTERNATIONAL SYMBOLS الرمز الدولى
Direct Current تيار مستمر	—		DC	—
Alternating Current تيار متغير	$\sim$		AC	$\sim$
Direct or Alternating Current (universal) تيار مستمر او متغير	$\overline{\sim}$			$\overline{\sim}$
Undulating or allerating current تيار موحد	$\underset{---}{\sim}$	$\underset{---}{\sim}$		=
Audio Frequencies الترددات المسموعة	$\approx$	$\approx$		=
Super audio Carrier and radio Frequencies الترددات العالية الغير مسموعة	≋	≋	≋	≋
Superhigh Frequencies الترددات العالية جدا	≋≈			
Square Wave Pulse Positive negative موجة ذات شكل مربع	⎍ ⎍̅			
Single - Phase A.C e.g. 16 2/3 Hz تيار متغير وجه واحد	1-16 2/3 Hz	1-16 2/3 c/s	1phase-2wire 16 2/3 cycle	1-16 2/3 Hz
3- phase A.C تيار متغير . ثلاثة اوجه ثلاثة أسلاك	3-50Hz 380V	3-50c/s 380V	3phase-3wire 50 cycle - 390v	3-50Hz 380V
3- phase A.C With neutral تيار متغير . ثلاثة أوجة أربعة أسلاك	3/MP-50Hz380V		3phase-4wire 50 cycle - 390v	3n-50Hz 380V 3-50c/s 380V
2 - Conductor D.C تيار مستمر . بموصلين	2-220 V		2wire dc, 220v	2-220 V
2 - Conductor D.C With neutral تيار مستمر بثلاثة أسلاك	2/MP-220V		3wire dc, 220v	2n-220 V

الجدول رقم ١٤ – ٣ :رموز التيار المتغير
AC System

DESCRIPTION البيـــــان	GERMANY SYMBOLS الرمز الالماني	BRITISH SYMBOLS الرمز الانجليزى	USCANADIAN SYMBOLS الرمز الامريكى	INTERNATIONAL SYMBOLS الرمز الدولى
single phase systems single winding وجه واحد . قطب و احد	$\vert$			$\vert$
single winding with auxiliary phase قطب بوجه مساعد	$\perp$			
2 phase systems بوجهين 2 separata windings 2 phase connection بملفين	$\vert^{2}$ or $\Vert$			$\Vert$
2 phase windings بملفات لوجهين 1- connection	$\llcorner$			
ثلاثة اوجه 3 phase systems 3 phase connection	$\vert^{3}$ or $\vert\vert\vert$			$\vert^{3}$ or $\vert\vert\vert$
5 phase delta connection ثلاثة اوجه توصيل دلتا	$\triangle$ or $\triangle$			
3 phase star connection ثلاثة اوجه توصيل نجمه	Y			
3 phase star connection with meutral brought out ثلاثة اوجه توصيل نجمه و نقطة تعادل	Y	Y	Y	Y
3 phase zigzag connection ثلاثة اوجه توصيل متعرج				
3 phase open delta connection ثلاثة اوجه توصيل دلتا مفتوح	$\vee$			
6 phase systems generally 6 separate windings ٦ اوجه بسة ملفات	$\vert^{6}$			$\vert^{6}$
6 phase double delta connection ستة اوجه توصيل دلتا مزدوجه	✡			
6 phase hexagonal connection ستة اوجه توصيل سداسي	⬡			
6 phase star connection ستة اوجه توصيل نجمه	$\ast$			
n- phase systems generally n- separate windings متعدد الاوجه و متعدد الملفات	$\vert^{n}$			$\vert^{m}$
n - dial connection (pelygon connection) متعدد الاوجه توصيل دلتا	$\triangle^{n}$			$\triangle^{m}$
n - feld (star connection) متعدد الاوجه توصيل نجمه	Y^{n}			Y^{m}

الجدول رقم ١٤ – ٤ : اجهزة الانذار الصوتيه والمرئيه
Acoustic & Visual Signal Devices

DESCRIPTION البيـــان	GERMANY SYMBOLS الرمز الالماني	BRITISH SYMBOLS الرمز الانجليزى	USCANADIAN SYMBOLS الرمز الامريكى	INTERNATIONAL SYMBOLS الرمز الدولى
Horn بوق كهربى				
Bell جرس				
siren صفارة				
suzzer رنان جرس صامت				
pilotlight indicating light لمبة بيان				
Samaphore indicator مؤشر ميكانيكى				
Drop ammunciator mark contocl acluated by the actuating system make cont6act actuated by the torget مؤشرات ميكانيكية اشكال مختلفه				

الجدول رقم ١٤ – ٥: رموز صوتيه كهربائيه
Electric acoustic elements

DESCRIPTION البيـــان	GERMANY SYMBOLS الرمز الالماني	BRITISH SYMBOLS الرمز الانجليزى	USCANADIAN SYMBOLS الرمز الامريكى	INTERNATIONAL SYMBOLS الرمز الدولى
microphone generally symbol ميكروفون				
earphone generally symbol سماعة أذن				
loudspeaker, generally symbol سماعة اذاعة				
two - way intercom system سماعة / ميكروفون				
puiciup generally symbol بيكاب				
sound recorder generally symbol جهاز تسجيل صوتى				

الجدول رقم ١٤ –٦ : اجهزة القياس
Instruments and meters

DESCRIPTION البيـــــان	GERMANY SYMBOLS الرمز الالماني	BRITISH SYMBOLS الرمز الانجليزى	USCANADIAN SYMBOLS الرمز الامريكى	INTERNATIONAL SYMBOLS الرمز الدولى
Ammeter أمبيروميتر	A			
voltmeter فولتميتر	V			
Double voltmeter فولتميتر مزدوج (تدريجين)	V-V	V V	V	V V
Single - phase A.C watthouer meter عداد الكيلووات ـ ساعة تيار متغير – وجه واحد	kwh	KWh	wh	kwh
Single - phase A.C watthouer recorder مسجل الكيلووات ـ ساعة وجه واحد – تيار متغير	M kwh	Kwh	Kw R	kw M
instrument shunt مقاومة (شنت)				

R ohm meter جهاز قياس المقاومة بالاوم	Hz Frequency meter جهاز قياس التردد بالذبذبه	Ah Amper hour meter جهاز قياس شدة التيار مع زمن الشحن للبطاريه
C F Capacitance meter جهاز قياس السعه (فاراد)	L H Inductance meter جهاز قياس الممانعه لملف ما (هرتز)	

الجدول رقم ١٤ -٧: المحولات Transformers

البيان	الرمز التخطيطى for singal line diagram	الرمز for three line diagram	Discription	الوصف
محولات القدره و الملفات الحثية Power Transformers & Induction coils			Inductor	ملف حثى
			Transformer with two separate windings	محول ذى ملينن منفصلين
			Transformer with three separate windings	محول بثلاثة ملفات منفصلة
			Auto -Transformer	محول ذاتى – الرمز العام
			Transformer, variable (not dur-ing aperation) with indication of the variable windings	محول متغير (ليس اثناء التشغيل) بعلامه على الملف المتغير
			Auto -Transformer variable	محول ذاتى – متغير بانتظام
			Three - phase inductor coil , open variable in steps	ملف ممانعه حثيه ٣ اوجه مفتوح يتغير على درجات
			Single - phase Transformer	محول وجه واحد
			three - phase Transformer	محول ٣ وجه
			Two three - phase Transformer with secodary windings mutual-ly displaced by 30 deg . vector group Yy5orDy5	محولين ٣ اوجه الملفات الثانويه مزاحه فيما بينها لمقدار ٣٠°
			Single - phase three Transformer	محول ذاتي وجه واحد
محولات القياس Measuring Transformers			Current Transformer showing the primary winding	محول تيار يبين الملف الابتدائى
			Current Transformer with two cares	محول تيار ذى قلبين
			Direct Current Transformer	محول تيار مستمر
			Voltage Current Transformer Voltage Current Transformer with tap	محول جهد محول جهد باطراف
			Capacitive Voltage Transformer	محول جهد سعوى
			Two Voltage Transformer in v connection	محولين جهد بتوصيله حرف(v)

الجدول رقم ١٤ –٨ : أجهزة القطع الكهربائيه

Breakers

Discription الوصف	Symbol
triple-pole isolator مفتاح ذو ثلاثة أقطاب ثلاثة أوجه عادى	
triple-pole load-break switch مفتاح ذو ثلاثة أقطاب (ثلاثة أوجه) يفصل على الحمل	
Circuit breaker قاطع أوتوماتيكى	
Isolating Circuit breaker قاطع فاصل للدائرة	
Isolating مفتاح بمصهر	
triple-pole Fused Isolator مفتاح مصهرات ثلاثى الاوجه	
Isolating link change-over type مفتاح سكينة قلاب	

Discription الوصف	Symbol
Make contact (no) كونتاكت يعمل وهو مقفول	old new
Break contact (nc) كونتاكت يعمل وهو مفتوح	old new
change-over contact كونتاكت قلاب	old new
change-over contact make-before break كونتاكت قلاب يقفل أولا ثم يفصل	old new
Time-delayed contact كونتاكت ذو تأخير زمنى mace-delayed mace يقفل بتأخر زمنى break-delayed break mace-delayed break يقفل ويفتح بتأخر زمنى break-delayed mace يفتح ويقفل بتأخر زمنى	old new old new old new old new
contactor كونتاكتور	old new
Triple-pole circuit breker.eg.dir circuit breker fitted with 3 thermat over current retays and 3 electromagnetic over current reteases قاطع اتوماتيكي بثلاثة متممات حرارية وثلاثة متممات كهرومغناطيسية	old new

تابع الجدول رقم ١٤ –٨

Discription الوصف	Symbol	Discription الوصف	Symbol
Cam Operated التحكم بالكامة	old new	Single throw switch manually operated مفتاح يدوى اتجاه واحد	old new
Flow Speed Actuated التحكم بتيار هوائى او سائل	old new		
Pressure Actuated التحكم بالضبط	old new	Momentary or spring return switches manually operated مفتاح لحظى تحكم يدوى with no contact	old new
Temperature Actuated التحكم الحرارة	old new	مفتاح لحظى تحكم يدوى With NCContact بكونتاكت واحد مقفول	old new
Liquid level Actuated التحكم بمنسوب السوائل	old new	Foot Operated التحكم بالقدم	old new

TRIPPING DEVICE الجدول رقم ١٤ –٩ : متممات الوقايه

Discription الوصف	GERMANY SYMBOLS	BRITISH SYMBOLS	USCANADIAN SYMBOLS	INTERNATIONAL SYMBOLS
Thermal Over Load Tripping Device متمم حرارى للوقايه من زيادة الحمل	or		or	or
Mognetic Over Current Tripping Device متمم مغناطيسى للوقايه من زيادة تيار الحمل	or			
Under voltage Tripping Device متمم للوقايه من فقد الضغط	or		UV	
Open-circuit Shunt Trip Coil ملف توازى لفتح	or		TC	

COUPLING DEVICE الجدول رقم ١٤ –١٠ : الوصلات الميكانيكية

Discription الوصف	GERMANY SYMBOLS	BRITISH SYMBOLS	USCANADIAN SYMBOLS	INTERNATIONAL SYMBOLS
Mechanical coupling Hand - operated dispnyood وصلة ميكتنيكيه يدوية (عبر موصله)			or	
Engaged (موصله)			or	

الجدول رقم ١٤ –١١: أجهزة التشغيل
Operating Mechanism

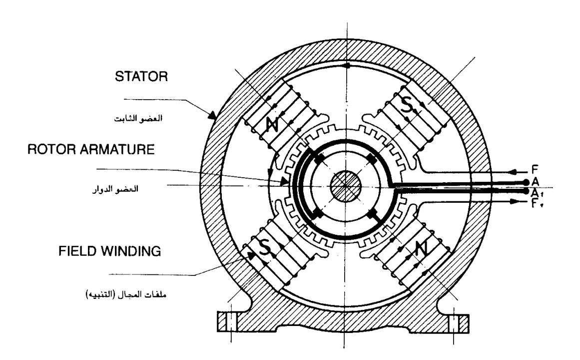
Discription الوصف	Symbol
Manual operating Mechanism تشغيل يدوى	
Foot Operating Mechanism تشغيل بالقدم	old
Pneumatic Operating Machanism تشغيل بالهواء المضغوط	
Power Operating Mechanism تشغيل كهربائى	
Motor Operating Mechanism تشغيل بمحرك كهربائى	M M
Switching Mechanism تشغيل لقفل و فتح الدائره	
Operating Element With Automatic return on discon-tinuation ofactuoting force of Contactors relaystrips ملف يعمل بالتيار و يفصل بازالة التيار	
Operating Coil Energized (the arrawdenotes the operating state . if this deviates form the standard representating ملف يعمل حسب اتجاه السهم	
Relay With tow Coils Acting Unidirectionally متمم ذو ملفين	
Trensductor محول تكبير	

Discription الوصف	Symbol
Time Delay For Electromechanic Operating Elements magnetic Drop out Delay متمم زمنى فتح مغناطيسى متاخر	
Delayed pick-up متمم زمنى قفل متاخر	
Delayed pick-up and Drop - out متمم زمنى قفل متاخر	
Polarized Relay متمم بمغناطيسى ثابت	
Remdnance Relay متمم زمنى	
Resonance Relay متمم يعمل بنظرية الرنين	
latching Device كستنة فتح المفتاح	
Notch اسنان خطوات المفتاح	
Device For Time Delayed Operating Following Actuating Force to right	
Device For Cyclic Actuation	
magnetic Amplifier مكبر مغناطيسى	

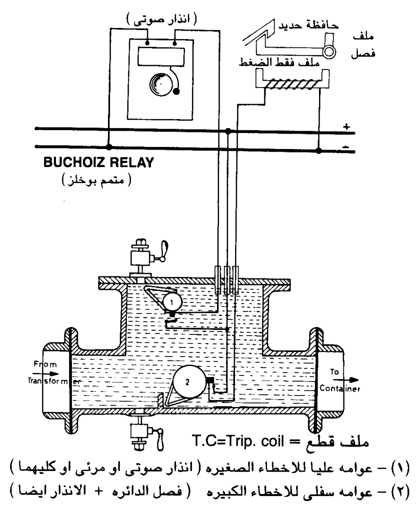
الجدول رقم ١٤ -١٢: الالات الدوارة
Rotating Machines

Discription الوصف	Symbole
D.C Series-Wound motor محرك تيار مستمر توالى	M
D.C Gentrator With perma-nent Magnet Excitation محرك تيار مستمر تنبيه بمغناطيس ثابت	G
Three Phase Commutator Motor With Shunt Characteristies محرك تيار متغير ثلاثة اوجه اعضو التوحيد (توارى)	M
Three Phase Commutator Motor With Series Characteristies محرك تيار متغير ثلاثة اوجه اعضو التوحيد (توالى)	M
Repulsion Motor محرك	M
Change-Pole Squirrel cage Induction Motor With 2 Separate Windings of Pole Changing From 8 to 5 Poles محرك استنتاجى ثلاثة اوجه من النوع القفص السنجابى متغير السرعات بتغير عدد الاقطاب	M 3~ (8+5)P
Differeatial Synchro (Transmitter or receive) محرك توافقي تيار متغير (تحكم مرسل و مستقبل للمسافات باتصال كهربى)	
Syncher Rotor Single-Phase Start three Phase محرك توافقى - العضو الدائرى وجه واحد - العضو الثابت	

Discription الوصف	Symbole
three phase induction motor with slipring rotor محرك استنتاجي ثلاثة اوجه ذو عضو دائرى من النوع الملفوف	3~ M
three phase induction motor with squirrel cage rotor محرك استنتاجى ثلاثة اوجه من النوع القفص السنجابى (دوران فى اتجاه واحد)	M 3~Δ
Single-Phase Induction motor With Squirrel Cage rotor All Six Winding Ends Brought Out محرك استنتاجى ثلاثة اوجه من النوع القفص السنجابى (دوران فى اتجاهين)	M 3~
Single-Phase Induction motor With Squirrel Cage rotor and Starting Winding Stator With Capacitor محرك استنتاجى وجه واحد من نوع (بملفات تقوم بالمكثف)	M
Three Phase Synchronous Generator مولد تيار متغير ثلاثة اوجه من النوع التوافقى	3~Y G − +
Three Phase Synchronous Generator With permanent magent مولد تيار متغير ثلاثة اوجه من النوع التوافقى (التبيه- بمغناطيس)	3~Y G
Single-Phase Synchronous Generator With permanent magent Excitation مولد تيار متغير وجه واحد من التوع التوافقى (التنبيه - بمغناطيس ثابت)	1~ G G ~
D.C Generator Compensating and Interpole Windings Arranged in Symmetry With the Armature مولد تيارمستمر	G

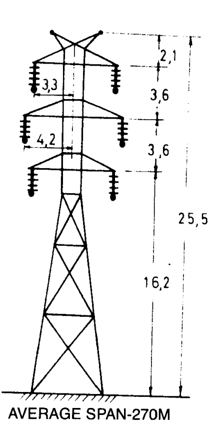


الشكل رقم ١٤ - ١ : قطاع فى الة تيار مستمر (محرك - مولد)
4 Pole D-C (Motor - Generator)



(١) - عوامه عليا للاخطاء الصغيره (انذار صوتى او مرئى او كليهما)
(٢) - عوامه سفلى للاخطاء الكبيره (فصل الدائره + الانذار ايضا)

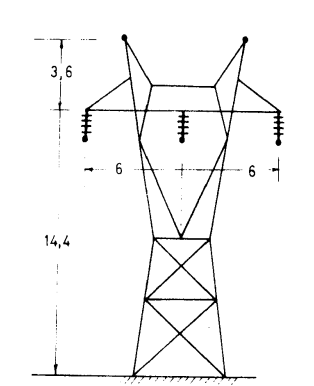
الشكل رقم ١٤ - ٢ : جهاز الوقايه الغازيه للمحولات



AVERAGE SPAN-270M

الشكل رقم ١٤ – ٣ : برج الدائره مزدوجه ١٣٢ ك.ف

SUSPENSION TOWER FOR DOUDLE CIRCUIT

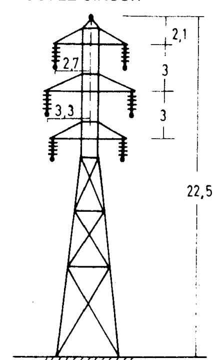


AVERAGE-270M

الشكل رقم ١٤ – ٤ : برج الدائره مفرده ١٣٢ ك.ف



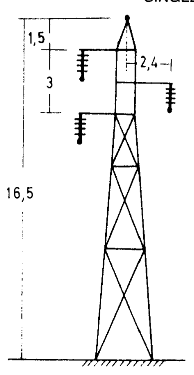
SUSPENSION TOWER FOR SINGLE CIRCUIT



AVERAGE SPAN-180M

الشكل رقم ١٤ – ٥ : برج الدائره مزدوجه ٦٦ ك.ف

SUSPENSION TOWER FOR DOUDLE CIRCUIT 66KV

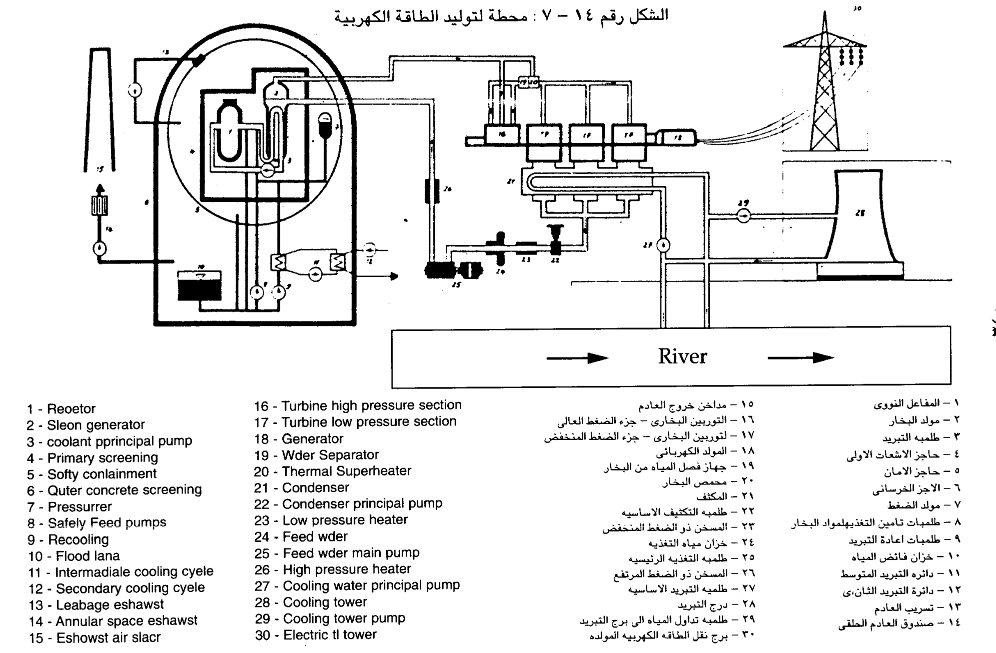


AVERAGE-180M

الشكل رقم ١٤ – ٦ : برج الدائره مفرده ٦٦ ك.ف

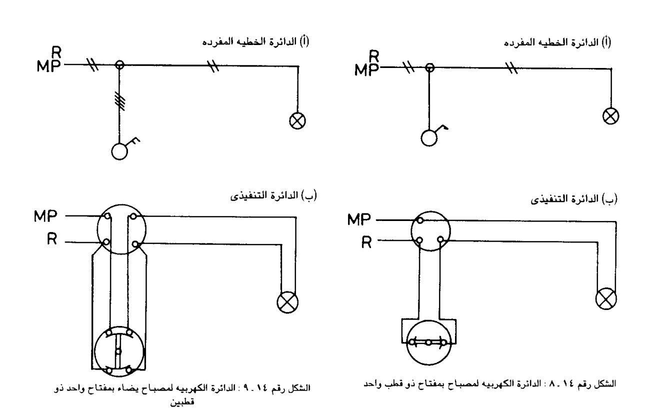
SUSPENSION TOWER FOR SINGLE CIRCUIT 66KV

الشكل رقم ١٤ – ٧ : محطة لتوليد الطاقة الكهربية



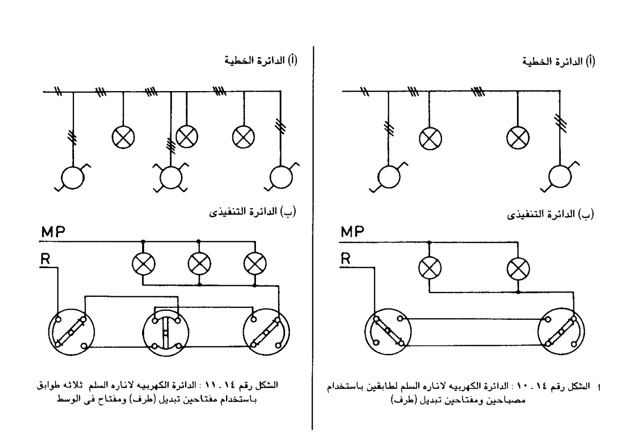
1 - Reoetor
2 - Sleon generator
3 - coolant pprincipal pump
4 - Primary screening
5 - Softy conlainment
6 - Quter concrete screening
7 - Pressurrer
8 - Safely Feed pumps
9 - Recooling
10 - Flood lana
11 - Intermadiale cooling cyele
12 - Secondary cooling cyele
13 - Leabage eshawst
14 - Annular space eshawst
15 - Eshowst air slacr
16 - Turbine high pressure section
17 - Turbine low pressure section
18 - Generator
19 - Wder Separator
20 - Thermal Superheater
21 - Condenser
22 - Condenser principal pump
23 - Low pressure heater
24 - Feed wder
25 - Feed wder main pump
26 - High pressure heater
27 - Cooling water principal pump
28 - Cooling tower
29 - Cooling tower pump
30 - Electric tl tower

١ – المفاعل النووى
٢ – مولد البخار
٣ – طلمبه التبريد
٤ – حاجز الاشعات الاولى
٥ – حاجز الامان
٦ – الاجز الخرسانى
٧ – مولد الضغط
٨ – طلمبات تامين التغذيهلمواد البخار
٩ – طلمبات اعادة التبريد
١٠ – خزان فائض المياه
١١ – دائره التبريد المتوسط
١٢ – دائرة التبريد الثانى
١٣ – تسريب العادم
١٤ – صندوق العادم الحلقى
١٥ – مداخن خروج العادم
١٦ – التوربين البخارى – جزء الضغط العالى
١٧ – لتوربين البخارى – جزء الضغط المنخفض
١٨ – المولد الكهربائى
١٩ – جهاز فصل المياه من البخار
٢٠ – محمص البخار
٢١ – المكثف
٢٢ – طلمبه التكثيف الاساسيه
٢٣ – المسخن ذو الضغط المنخفض
٢٤ – خزان مياه التغذيه
٢٥ – طلمبه التغذيه الرئيسيه
٢٦ – المسخن ذو الضغط المرتفع
٢٧ – طلمبه التبريد الاساسيه
٢٨ – درج التبريد
٢٩ – طلمبه تداول المياه الى برج التبريد
٣٠ – برج نقل الطاقه الكهربيه المولده



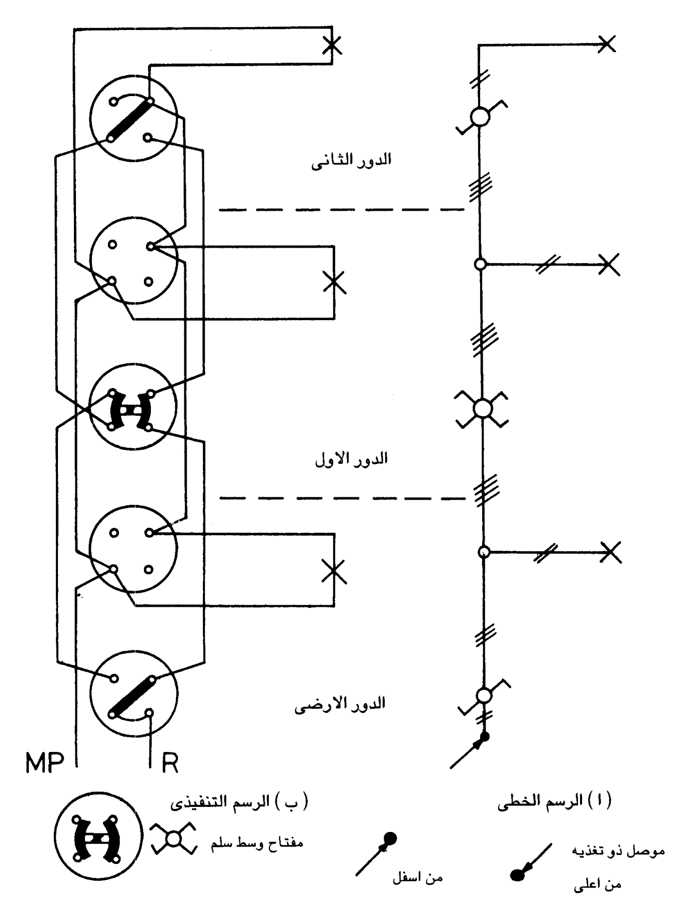
الشكل رقم ١٤ ـ ٨ : الدائرة الكهربيه لمصباح بمفتاح ذو قطب واحد

الشكل رقم ١٤ ـ ٩ : الدائرة الكهربيه لمصباح يضاء بمفتاح واحد ذو قطبين



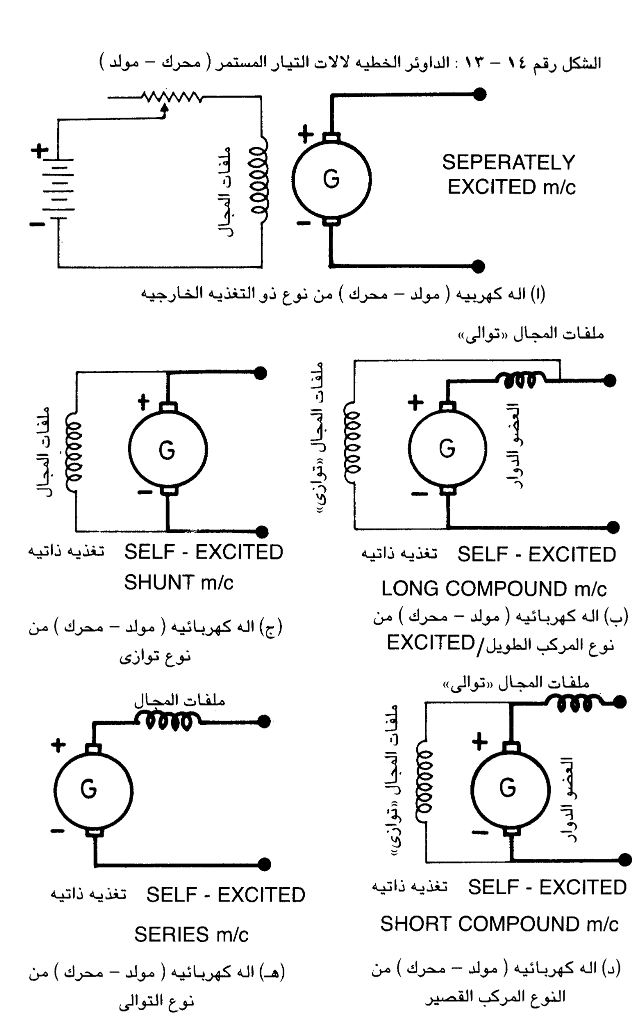
الشكل رقم ١٤ ـ ١٠ : الدائرة الكهربيه لاناره السلم لطابقين باستخدام مصباحين ومفتاحين تبديل (طرف)

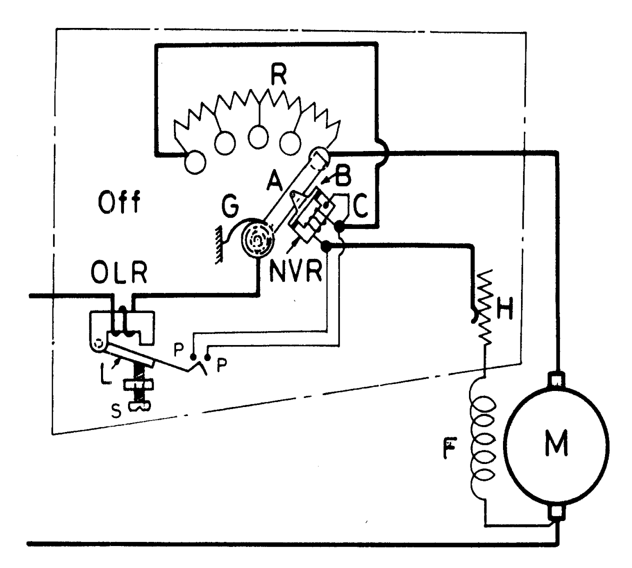
الشكل رقم ١٤ ـ ١١ : الدائرة الكهربيه لاناره السلم ثلاثه طوابق باستخدام مفتاحين تبديل (طرف) ومفتاح فى الوسط



الشكل رقم ١٤ – ١٢ : دائره كهربيه لاناره سلم بمفتاح وسط لمبنى مكون من طابق ارضى و دورين (اول و ثان)

الشكل رقم ١٤ - ١٣ : الداوئر الخطيه لالات التيار المستمر (محرك - مولد)





الشكل رقم ١٤ – ١٤ : دائرة بدء حركه و تشغيل محرك تيار مستمر من نوع التوازى
مع توضيح وسائل الحمايه من فقد الضغط ومن تجاوز الحمل

R = مقاومه بدء الحركه

A = ذراع التشغيل و هو متحرك و فى هذا الشكل فان الذراع فى وضع التشغيل

G = ياى (زمبرك) لتحريك الذراع تلقائيا عند فقد الضغط (اى عندما لا يستطيع المغناطيس (NVR) استمرار جذب الحافظه (B)

B = حافظه (قطعه من الحديد) مثبته بمسمار على الذراع المحرك (A)

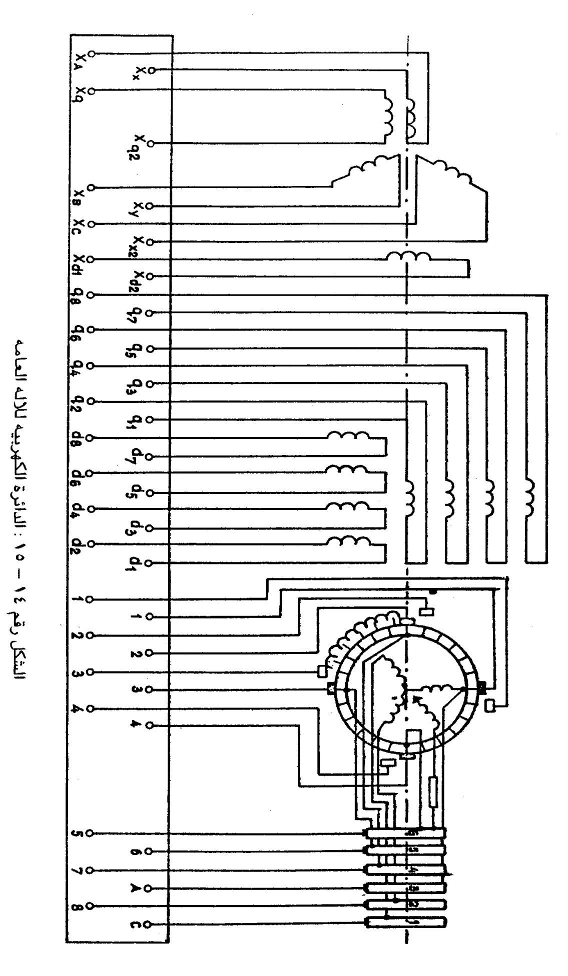
C = توصيله بين ملف فقد الضغط و بين طرف تغذيه الملف

NVR = ملف الوقايه من هبوط او فقد الضغط

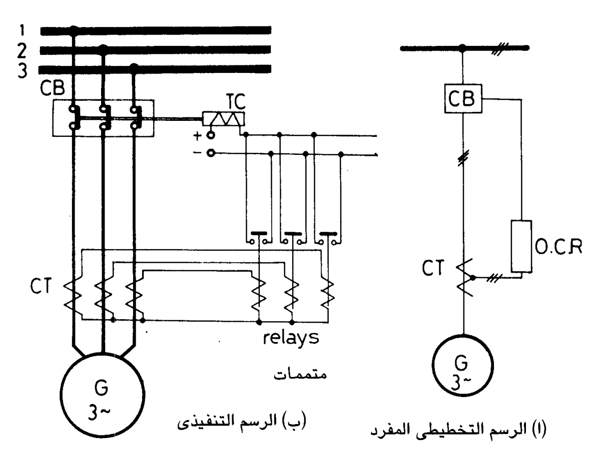
OLR = ملف الوقايه من زياده تيار الحمل

L = حافظه (قطعه من الحديد) تنجذب او تتنافر مع المغناطيس الكهربى (OLR)

S = مسمار قلاووظ لضبط المسافه اللازمه لامكان جذب تامغناطيس للحافظه (L)

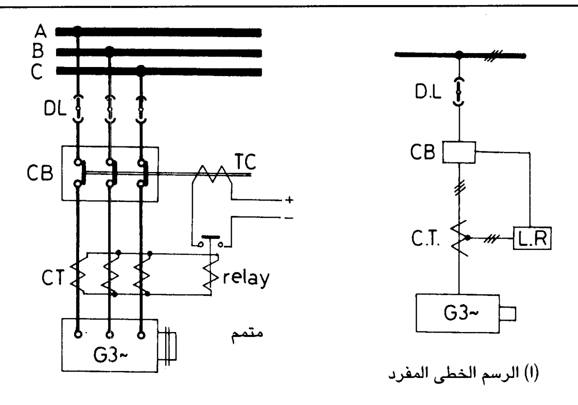


الشكل رقم ١٤ – ١٥ : الدائرة الكهربية للآلة العامة



(ب) الرسم التنفيذى
(ا) الرسم التخطيطى المفرد

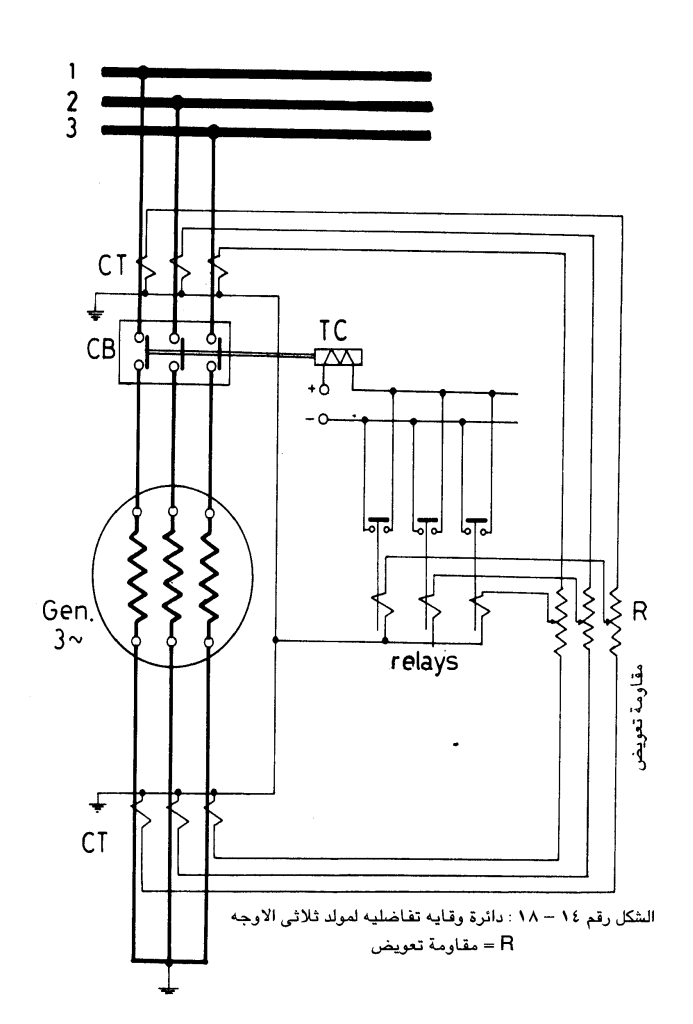
الشكل رقم ١٤ – ١٦ : دائرة وقايه لمولد تيار متردد ثلاثى الاوجه ضد تجاوز الحمل



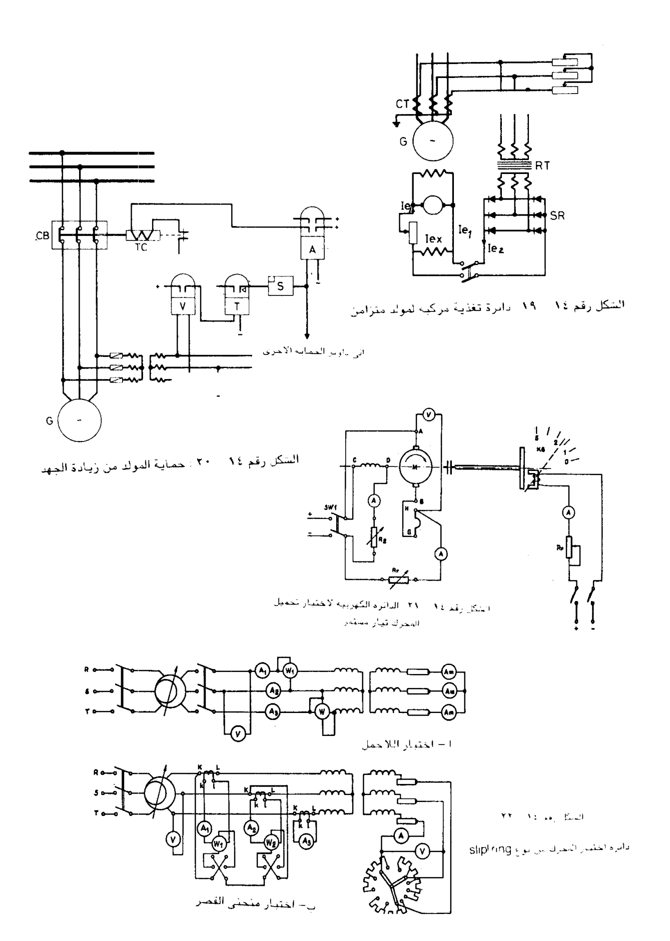
(ا) الرسم الخطى المفرد

الشكل رقم ١٤ – ١٧ : حمايه المولد ضد تسرب التيار الى الارض

(ب) الرسم التنفيذى



الشكل رقم ١٤ – ١٨ : دائرة وقايه تفاضليه لمولد ثلاثى الاوجه
R = مقاومة تعويض



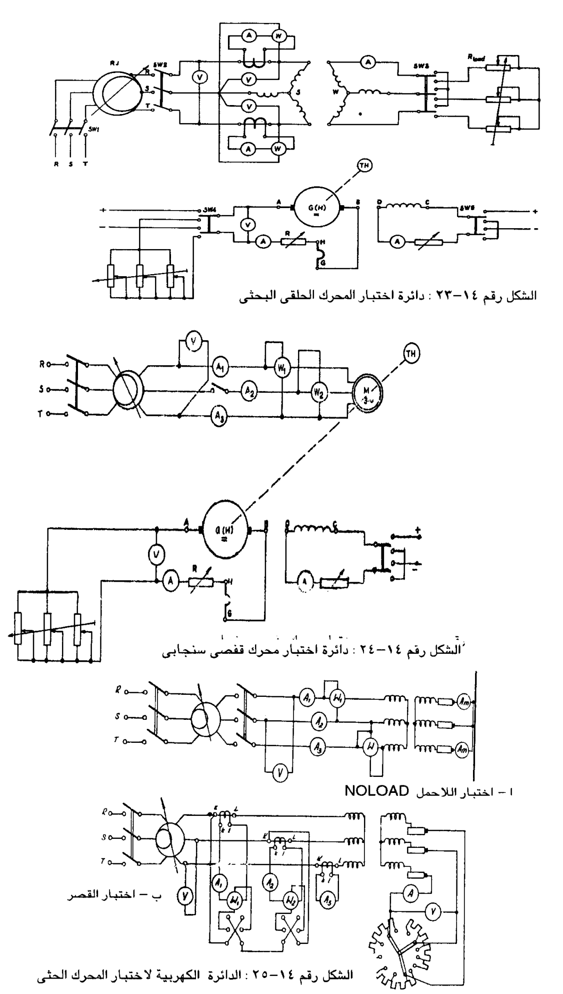
الشكل رقم ١٤ ـ ١٩ دائرة تغذية مركبة لمولد متزامن

الشكل رقم ١٤ ـ ٢٠ : حماية المولد من زيادة الجهد

الشكل رقم ١٤ ـ ٢١ الدائرة الكهربية لاختبار تحميل المحرك تيار مستمر

الشكل رقم ١٤ ـ ٢٢

دائرة اختبار المحرك من نوع slipring



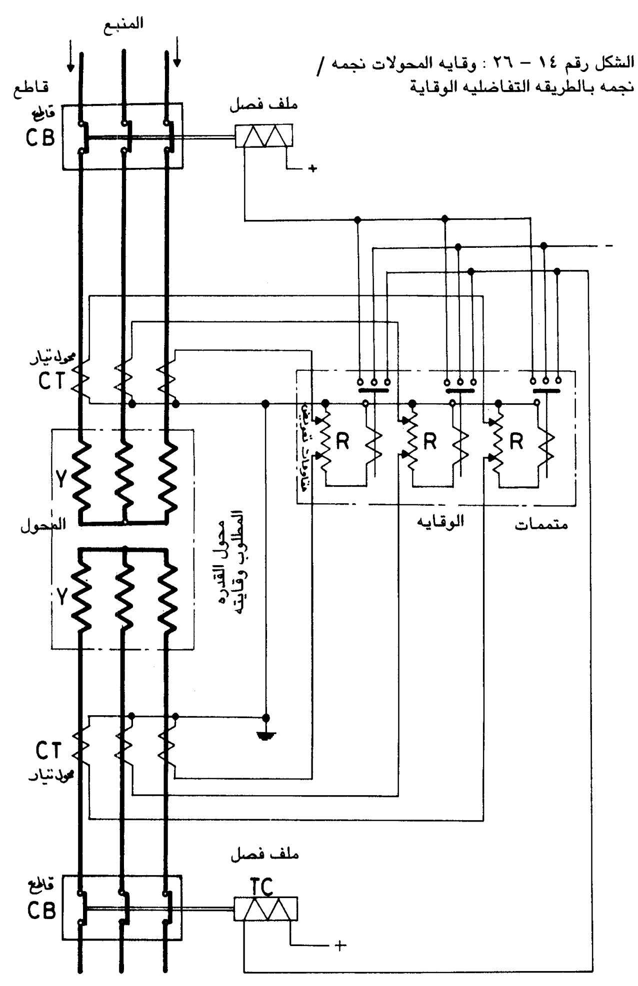
الشكل رقم ١٤-٢٣ : دائرة اختبار المحرك الحلقى البحثى

الشكل رقم ١٤-٢٤ : دائرة اختبار محرك قفصى سنجابى

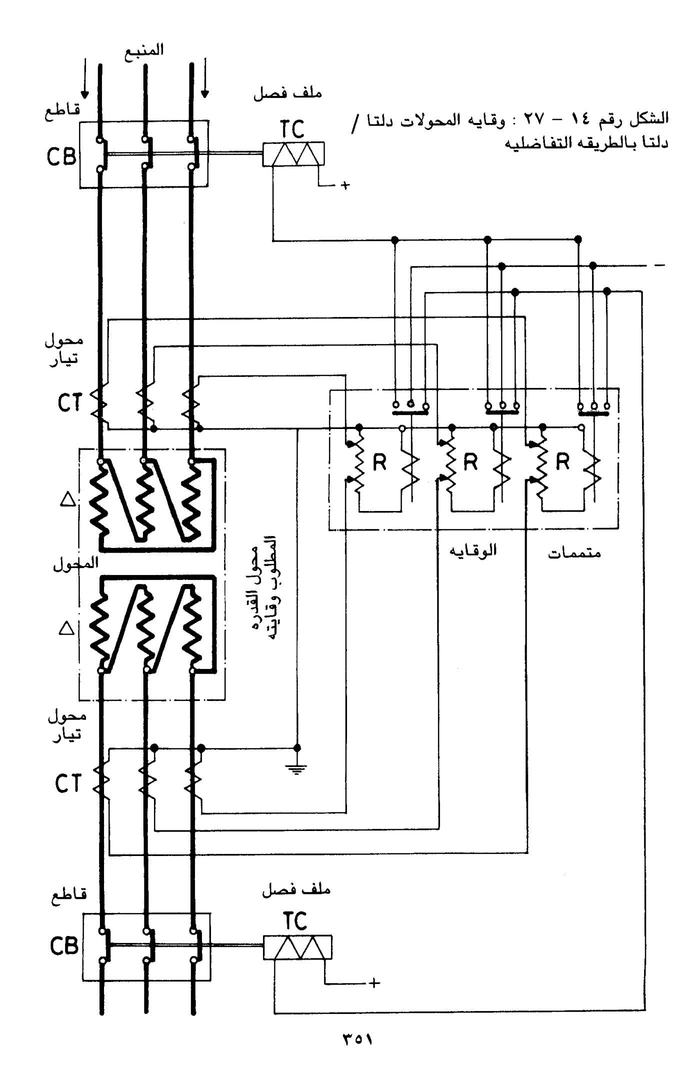
ا - اختبار اللاحمل NOLOAD

ب - اختبار القصر

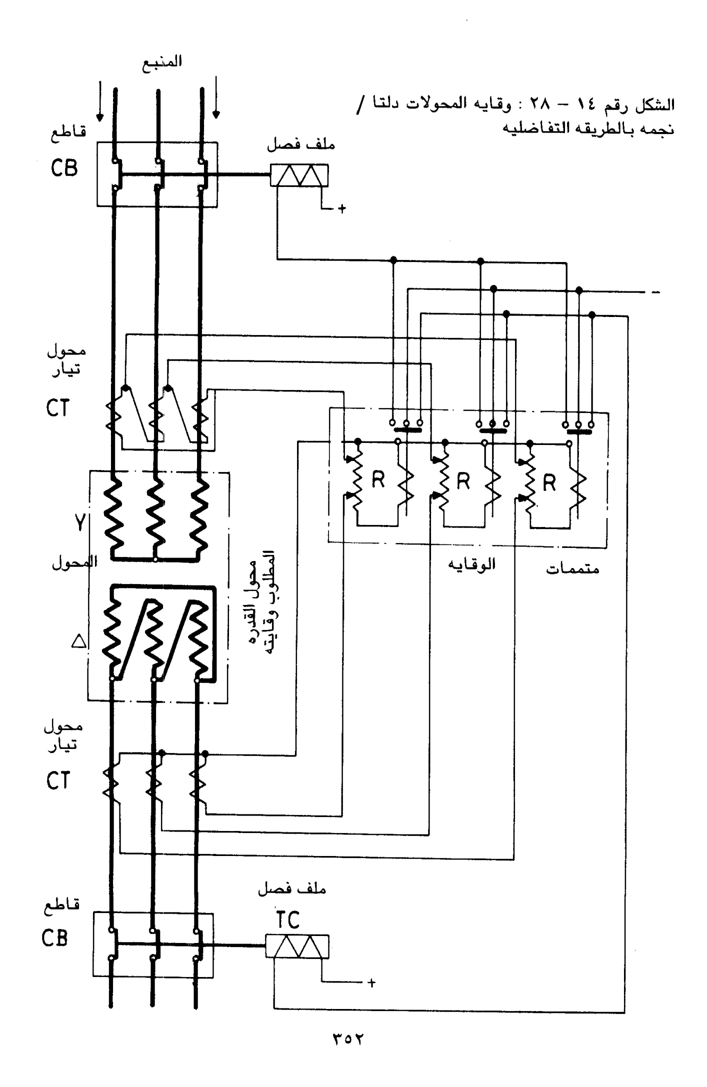
الشكل رقم ١٤-٢٥ : الدائرة الكهربية لاختبار المحرك الحثى



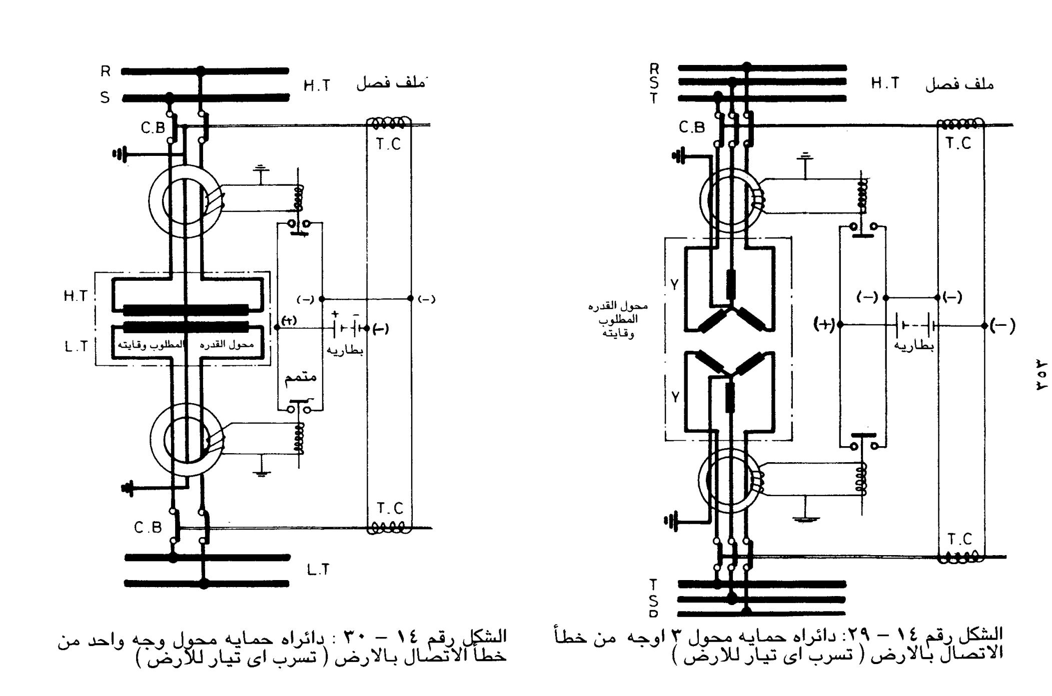
الشكل رقم ١٤ – ٢٦ : وقايه المحولات نجمه / نجمه بالطريقه التفاضليه الوقاية



الشكل رقم ١٤ – ٢٧ : وقايه المحولات دلتا / دلتا بالطريقه التفاضليه



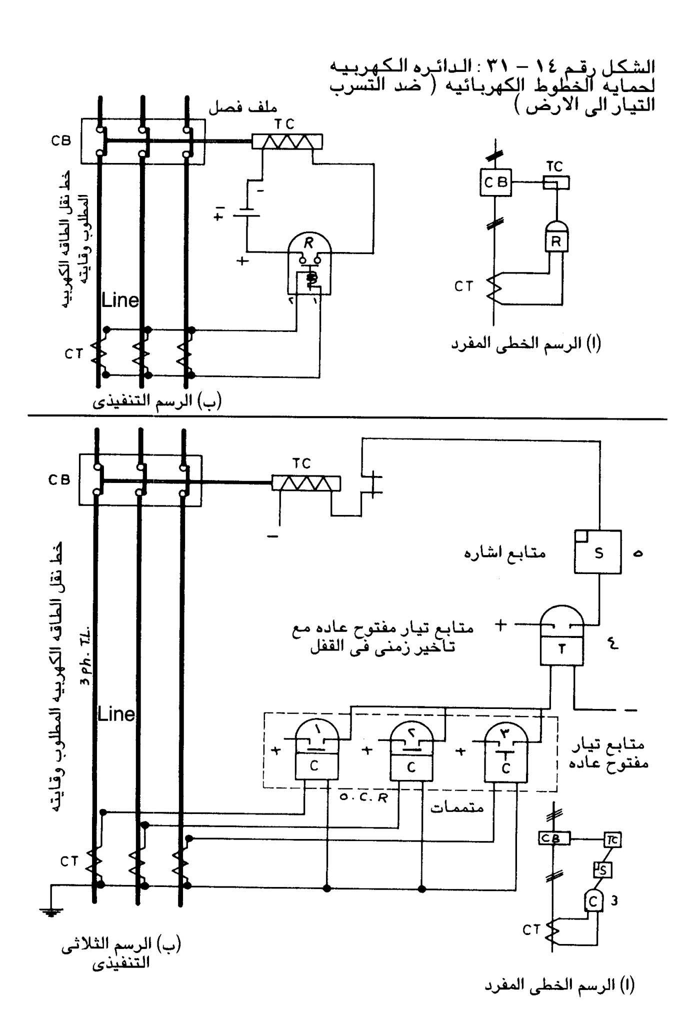
الشكل رقم ١٤ - ٢٨ : وقايه المحولات دلتا / نجمه بالطريقه التفاضليه



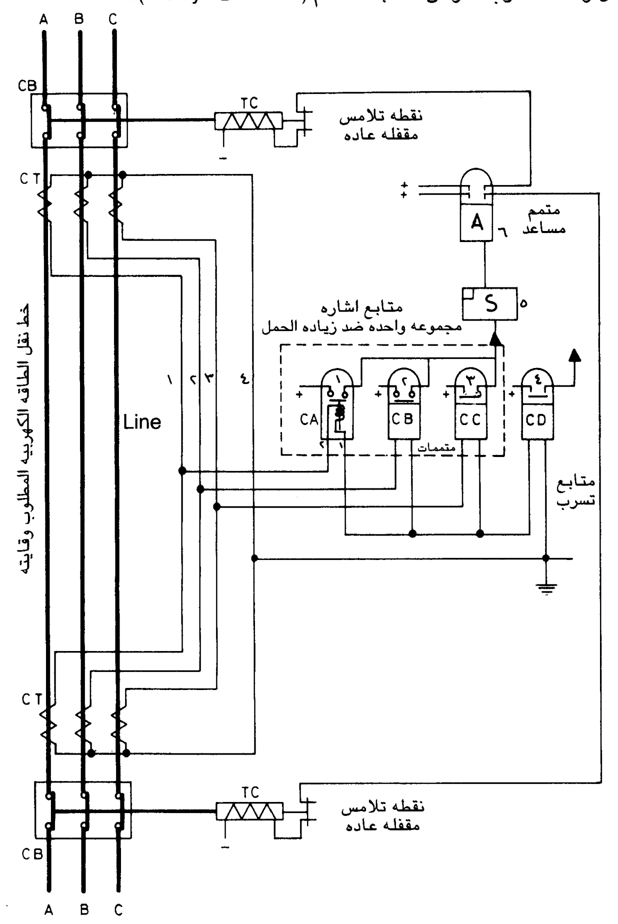
الشكل رقم ١٤ – ٢٩: دائراه حمايه محول ٣ اوجه من خطأ الاتصال بالارض (تسرب اى تيار للارض)

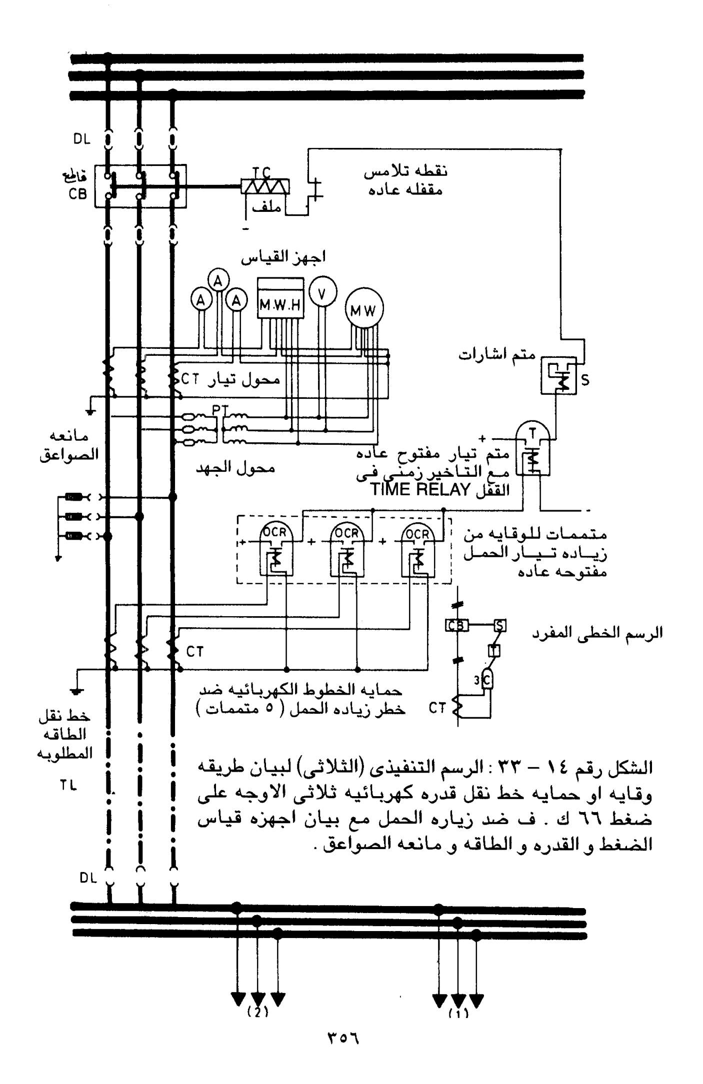
الشكل رقم ١٤ – ٣٠ : دائراه حمايه محول وجه واحد من خطأ الاتصال بالارض (تسرب اى تيار للأرض)

الشكل رقم ١٤ – ٣١ : الدائره الكهربيه لحمايه الخطوط الكهربائيه (ضد التسرب التيار الى الارض)

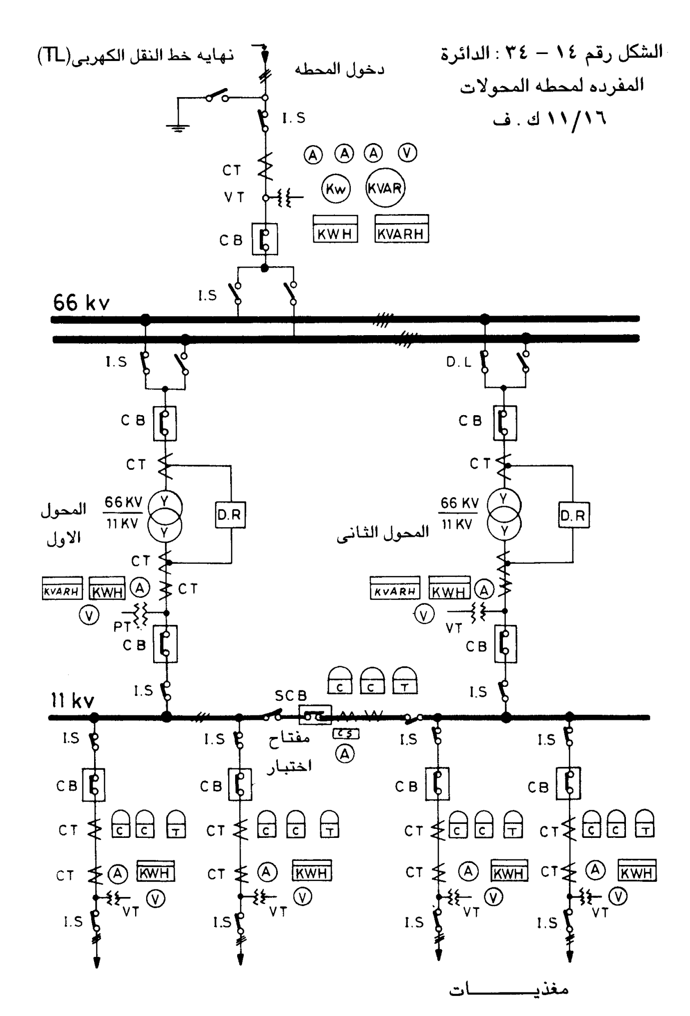


الشكل رقم ١٤ – ٣٢ : الحمايه للخطوط الكهربائيه (طريقه ميرزبرايس) ضد زياده الحمل و ضد التسرب للارض معا باستخدام (٦ متممات Relays) .



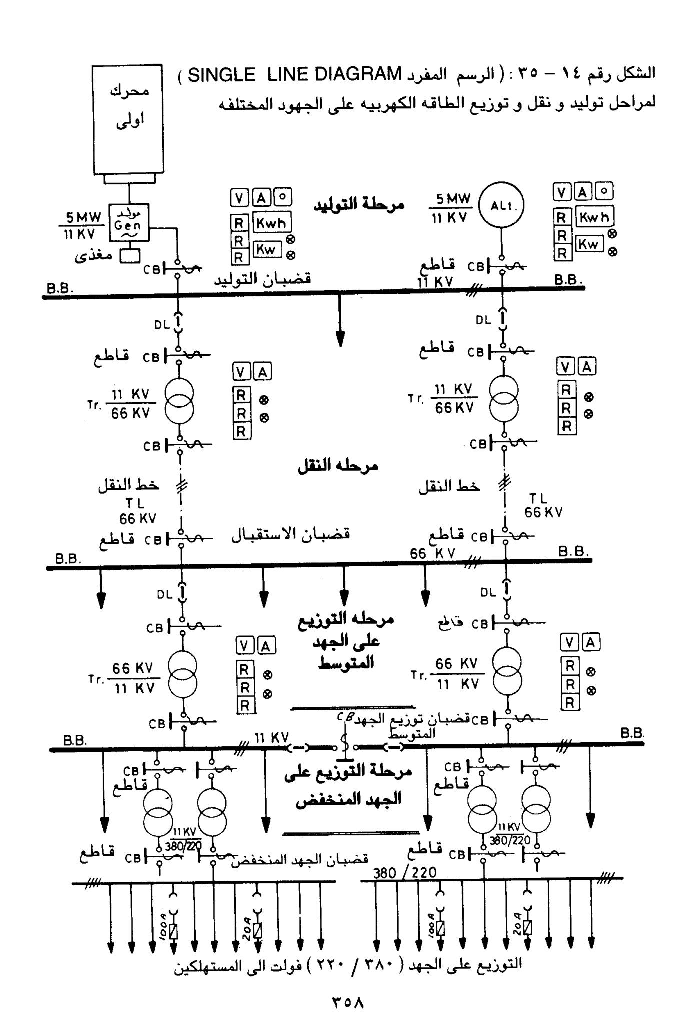


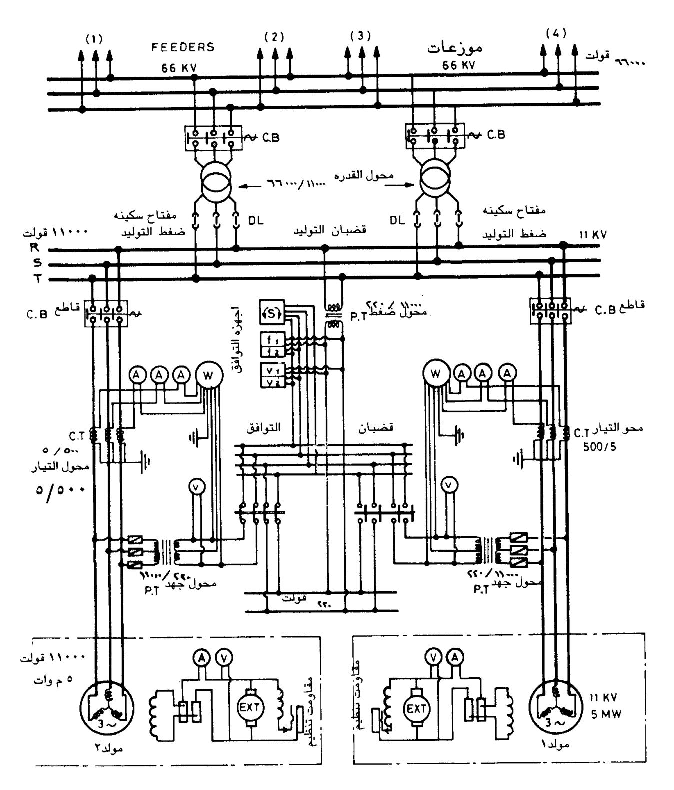
الشكل رقم ١٤ – ٣٣ : الرسم التنفيذى (الثلاثى) لبيان طريقه وقايه او حمايه خط نقل قدره كهربائيه ثلاثى الاوجه على ضغط ٦٦ ك . ف ضد زياره الحمل مع بيان اجهزه قياس الضغط و القدره و الطاقه و مانعه الصواعق .



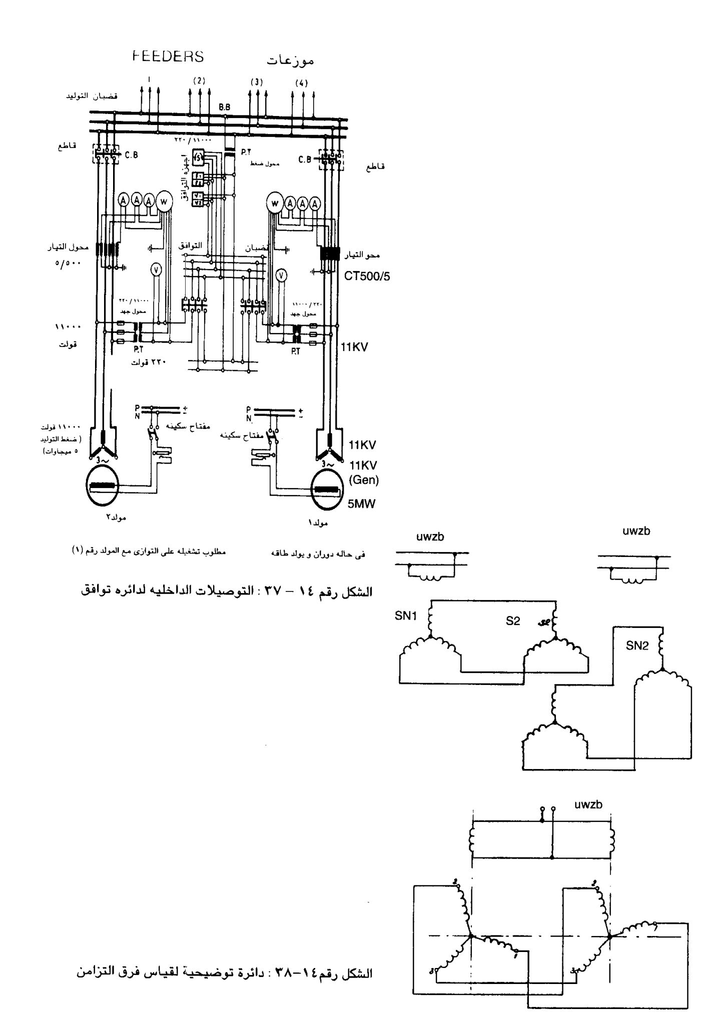
الشكل رقم ١٤ – ٣٤ : الدائرة المفرده لمحطه المحولات ١١/١٦ ك . ف

الشكل رقم ١٤ – ٣٥ : (الرسم المفرد SINGLE LINE DIAGRAM)
لمراحل توليد و نقل و توزيع الطاقه الكهربيه على الجهود المختلفه





الشكل رقم ١٤ – ٣٦ : الرسم لمحطه توليد كهربائيه ١١ ك.ف قدره ٥ ميجاوات مع بيان اجهزة التشغيل و القياس و الوقايه و التحكم و كذلك اجهزه التوافق (التشغيل على التوازى) .



الشكل رقم ١٤ – ٣٧ : التوصيلات الداخليه لدائره توافق

uwzb

الشكل رقم١٤-٣٨ : دائرة توضيحية لقياس فرق التزامن

المراجع REFERENCES

١– ارشادات لتوفير الطاقة فى المنشأت الصغيرة – سلسلة تقنيات ترشيد استخدام الطاقة – القاهرة – العدد الثانى مارس (١٩٩١).

٢– الكود المصرى لاسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية فى المبانى – المجلد الاول والثانى والثالث – الطبعة الاولى – ١٩٩٤ .

٣– عبد المنعم موسى : الحماية والتنسيق فى المنشآت الصناعية والتجارية – دار الراتب الجامعية – مصر – ١٩٩٤

٤– قواعد وشروط العمل للصيانة الثقيلة تحت الجهد – هيئة كهرباء مصر .

٥– قواعد الامان للعمل على شبكات توزيع الكهرباء – هيئة القطاع العام لتوزيع القوى الكهربائية – القاهرة – ١٩٩١ .

٦– كتالوج المواصفات القياسية الدولية – الكهروتقنى – عام ١٩٩١ .

٧– محمد حامد : الشبكات الكهربية – الهيئة العامة للابنية التعليمية – القاهرة – ١٩٩٨ .

٨– محمد حامد : التركيبات الكهربية – الهيئة العامة للابنية التعليمية – القاهرة – ١٩٩٨

٩– كمال الدين جاد : نظرة بحثية على قواطع الجهد المتوسط الغازية والتخلخلية – الكهرباء والطاقة – ٥ (١٩٩٠) ٦٠ – ٦٥ ، ٦ (١٩٩١) ٧٤ – ٨١ ، الجودة بمواصفاتها ومفهومها وتطبيقاتها الحديثة – ٩ (١٩٩٣) ٧٤ – ٧٧ .

١٠– عماد الشرقاوى ، حسن سعيد ، ناهد حجى : تأثيرات الفصل والتوصيل الموجة على نظام التشغيل وسلوك قاطع التيار – الكهرباء والطاقة – ٩ (١٩٩٣) ١٠٨ – ١١٤ .

١١– محمد محمد عوض : تكنولوجيا التشخيص التوقعى – الكهرباء والطاقة – ١١ (١٩٩٥) ٦٤ – ٦٨ ، ١٢ (١٩٩٧) ٧٠ – ٧٦ ، ١٠ (١٩٩٤) ٥٢ – ٥٩ .

١٢– ماهر عزيز : كفاءة توظيف المهندسين فى مصر – الكهرباء والطاقة – ٥ (١٩٩٠) ٧٨ – ٨٥ .

١٣– الكتالوجات الفنية للمحولات الرئيسية ١٢٥ م.ف.أ ، ٢٢٠ / ٦٦ / ١١ ك.ف. هيئة كهرباء مصر – القاهرة .

١٤– مهدى محمد العرينى : صيانة وفحص المحولات – المهندسون – الكويت – ٥٦ (١٩٩٧) ٥١ – ٥٣ .

١٥ ــ محمد محمد حامد : الأحمال الكهربائية ــ القاهرة ــ ٢٠٠٠ .

16 - Protection Relays Application Guide , GEC Measurements , England .

17 - Power Factor Correction - Revised and Published By : Energy Conservation And Efficiency Project (ECEP) - RCG / Hagler , Baily , Inc. Washington , D.C.USA , September 1992 .

18 - P.A Urikov : The protection of 3 - 500 Kv station and substation aginist lightning strokers . Moscow , 1982 , Energia.

19 - V.F. Voskresenskes (1971) : Electric Insulation In Polluted Zones.

20 - L.O. Manevitch : Treatment of the Transformer oil , Energia , Moscow , 1975.

21 - P.J.Jrodensky , S . A . Mandriken , M. S. Ulitsky : Technical bases of the installation of stations and Substatons , Energia . Moscow . 1974.

22 - V.Manoilov : Fundamentals of electrical Safety, Mir , Moscow , 1975.

23 - M.L. Soni , P . V. Gupta , U . S. Bhatnagar : A Course in Electrical Power , Dhanpat , Rai & Sons , 1979 , Delhi .

24 - Molded case circuit breakers , Westinghouse Electric Corporation , Pennsylvania , USA , 1986 .

25 - Low voltage Circuit Breakers , CALOR , EMAG , Germany.

26 - H.T. : Cubicle With Pull out Circuit Breaker Felten & Guilleaume Energietechnik GMBH , Germany .

27 - C. V. Ousova : Electric part of Power station , Energia , Leningrad, 1977.

28 - I.A.Meroshnik , A.I.Pirogov : Measuring methods For impulse Characterisitics of magnetic media , Energia , Moscow , 1977.

29 - J.N.Petrov : Electric machines , Vol. 1 , Shkola , Moscow , 1956.

30 - D.James Bethune : Basic Electrical & Electrical Drafting, Book.

رقم الايداع : ٤٧٦١ / ٢٠٠٠

طبع بمطبعة الهيئة العامه للأبنية التعليمية

